

Family list

5 application(s) for: JP2002096474

1 FINE PATTERN DRAWING METHOD**Inventor:** FUJITA HIROYUKI [JP] ; MITA YOSHIO [JP] (+2)**Applicant:** DAINIPPON PRINTING CO LTD [JP]**EC:** B05C5/02J; B41J2/02**IPC:** B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+28)**Publication info:** EP1253626 (A2) — 2002-10-30

EP1253626 (A4) — 2005-08-10

2 FINE PATTERN FORMING APPARATUS, METHOD FOR MANUFACTURING FINE NOZZLE AND METHOD FOR FORMING FINE PATTERN**Inventor:** FUJITA HIROYUKI ; MITA YOSHIRO (+2)**Applicant:** DAINIPPON PRINTING CO LTD**EC:** B05C5/02J; B41J2/02**IPC:** B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+36)**Publication info:** JP2002096474 (A) — 2002-04-02**3 APPARATUS AND METHOD FOR DRAWING FINE PATTERN, AND METHOD FOR FABRICATING A FINE NOZZLE****Inventor:** FUJITA HIROYUKI [JP] ; MITA YOSHIO [JP] (+2)**Applicant:** DAINIPPON PRINTING CO LTD [JP]**EC:** B05C5/02J; B41J2/02**IPC:** B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+27)**Publication info:** KR20050070064 (A) — 2005-07-05**4 Method for fine pattern formation****Inventor:** FUJITA HIROYUKI [JP] ; MITA YOSHIO [JP] (+2)**Applicant:** FUJITA HIROYUKI, ; MITA YOSHIO, (+3)**EC:** B05C5/02J; B41J2/02**IPC:** B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+27)**Publication info:** US2002166232 (A1) — 2002-11-14

US6767473 (B2) — 2004-07-27

5 FINE PATTERN DRAWING METHOD**Inventor:** FUJITA HIROYUKI [JP] ; MITA YOSHIO [JP] (+2)**Applicant:** DAINIPPON PRINTING CO LTD [JP] ; FUJITA HIROYUKI [JP] (+3)**EC:** B05C5/02J; B41J2/02**IPC:** B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; (+27)**Publication info:** WO0211182 (A2) — 2002-02-07

WO0211182 (A3) — 2002-08-22

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

FINE PATTERN FORMING APPARATUS, METHOD FOR MANUFACTURING FINE NOZZLE AND METHOD FOR FORMING FINE PATTERN

Publication number: JP2002096474 (A)

Publication date: 2002-04-02

Inventor(s): FUJITA HIROYUKI; MITA YOSHIRO; DAITO RYOICHI; TSUCHIYA KATSUNORI

Applicant(s): DAINIPPON PRINTING CO LTD

Classification:

- **International:** *B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; B05C5/00; B05C5/02; B05D1/04; B05D1/26; B41J2/02; G02B5/20; G02F1/1335; G02F1/1345; H01L21/027; B05C11/10; H01L51/00; H01L51/40; B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; B05C5/00; B05C5/02; B05D1/04; B05D1/26; B41J2/015; G02B5/20; G02F1/13; H01L21/02; B05C11/10; H01L51/00; H01L51/05; (IPC1-7): B41J2/135; B05B1/14; B05B5/025; B05C5/00; B05D1/04; B05D1/26; G02B5/20; G02F1/1335; G02F1/1345; H01L21/027*

- **European:** B05C5/02J; B41J2/02

Application number: JP20010010188 20010118

Priority number(s): JP20010010188 20010118; JP20000220410 20000721; JP20000220420 20000721; JP20000220421 20000721

Also published as:

EP1253626 (A2)
US2002166232 (A1)
US6767473 (B2)
KR20050070064 (A)
WO0211182 (A2)

Abstract of JP 2002096474 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fine pattern forming apparatus capable of forming a fine pattern with high-precision by direct drawing with ink, a method for manufacturing a fine nozzle which such fine pattern forming apparatus is equipped with, and a method for forming a fine pattern.

SOLUTION: A silicon substrate 2 which is equipped with a plurality of fine holes which penetrate through the fine pattern forming apparatus from its front surface to its rear surface and have a silicon dioxide layer 4 on their walls is provided.; Fine nozzles 5 which protrude from the rear surface of the silicon substrate through openings 3a of the fine holes integrally with the silicon dioxide layer, a silicon nitride 6 formed on the front surface 2A and the sides 2C of the silicone substrate, a supporting member 7 arranged on the front surface side of the silicon substrate, an ink flow passage 8 to supply ink to the openings of the fine holes on the front surface side of the silicon substrate, and an ink supplying apparatus 9 connected to the ink flow passage are also provided.

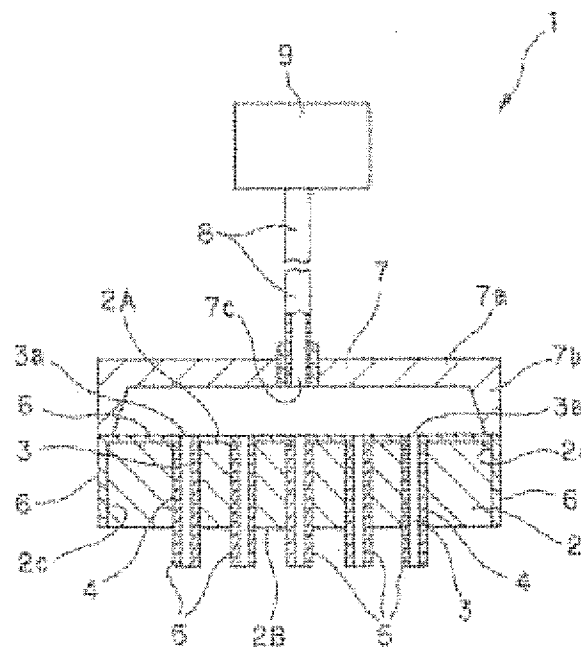


FIG.1

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-96474

(P2002-96474A)

(43) 公開日 平成14年4月2日(2002.4.2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
B 4 1 J 2/135		B 0 5 B 1/14	Z 2 C 0 5 7
B 0 5 B 1/14		5/025	A 2 H 0 4 8
5/025		B 0 5 C 5/00	1 0 1 2 H 0 9 1
B 0 5 C 5/00	1 0 1	B 0 5 D 1/04	Z 2 H 0 9 2
B 0 5 D 1/04		1/26	Z 4 D 0 7 5

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 79 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-10188(P2001-10188)

(22) 出願日 平成13年1月18日(2001.1.18)

(31) 優先権主張番号 特願2000-220410(P2000-220410)

(32) 優先日 平成12年7月21日(2000.7.21)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-220420(P2000-220420)

(32) 優先日 平成12年7月21日(2000.7.21)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-220421(P2000-220421)

(32) 優先日 平成12年7月21日(2000.7.21)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000002897
大日本印刷株式会社
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 藤田 博之
東京都豊島区千川一丁目9番14号

(72) 発明者 三田 吉郎
東京都港区西麻布四丁目18番22号 三幸荘
2 D

(72) 発明者 大東 良一
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

(74) 代理人 100095463
弁理士 米田 潤三 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微細パターン形成装置と微細ノズルの製造方法および微細パターンの形成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および、微細パターンの形成方法を提供する。

【解決手段】 微細パターン形成装置1を、表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層4を有する複数の微細孔3が設けられたシリコン基板2と、上記の珪素酸化物層と一体的に微細孔の開口部3aからシリコン基板裏面側2Bに突出する微細ノズル5と、シリコン基板の表面2Aおよび側面2Cに形成された珪素窒化物層6と、シリコン基板の表面側に配設された支持部材7と、シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路8と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置9と、を備えたものとする。

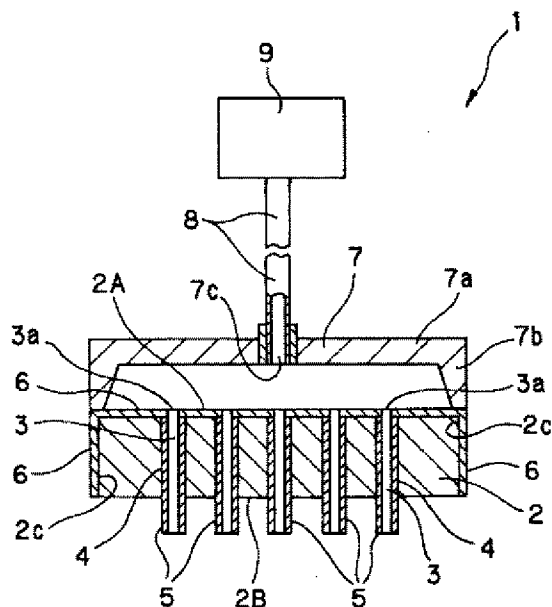


FIG.1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えることを特徴とする微細パターン形成装置。

【請求項2】 前記微細ノズルの開口径は $1\sim 100\mu\text{m}$ の範囲内、かつ、バラツキは $\pm 1\mu\text{m}$ 以下、前記微細ノズルの形成ピッチは $2\sim 1000\mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする請求項1に記載の微細パターン形成装置。

【請求項3】 シリコン基板と、該シリコン基板の裏面から突出する複数の微細ノズルと、該微細ノズルの形成部位にてシリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備え、前記微細ノズルは、前記シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、前記微細孔と連通したノズル基部の内壁面に設けられた珪素酸化物内面層と、前記ノズル基部の先端面を覆うように前記珪素酸化物内面層と一体的に形成された珪素酸化物端面層を有することを特徴とする微細パターン形成装置。

【請求項4】 前記微細ノズルの開口径は $1\sim 100\mu\text{m}$ の範囲内、かつ、バラツキは $\pm 1\mu\text{m}$ 以下、前記微細ノズルの形成ピッチは $4\sim 1000\mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする請求項3に記載の微細パターン形成装置。

【請求項5】 前記微細ノズルの突出長は、 $10\sim 150\mu\text{m}$ の範囲内にあることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項6】 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパー形状凹部であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項7】 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項8】 前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えることを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項9】 シリコン基板の一方の面から複数突出す

る珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつ金属パターンを形成する第1の工程、

前記金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第2の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内を酸化して珪素酸化物層を形成する第3の工程、シリコン基板の一方の面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第4の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項10】 前記第4の工程において、前記金属パターンを除去した面からエッチングを行うことを特徴とする請求項9に記載の微細ノズルの製造方法。

【請求項11】 シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターンニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、

前記珪素窒化物層のパターンを覆うように金属薄膜を形成し、該金属薄膜をパターンニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成する第2の工程、

前記金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第3の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、

前記珪素窒化物層を除去し、珪素酸化物層が形成された面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第5の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項12】 シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法において、

全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位 $\langle 100 \rangle$ のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターンニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成

する第1の工程、
前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程、
シリコン基板の両面に金属薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面の金属薄膜をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような微細開口をもつ金属パターンを形成する第3の工程、
前記金属パターンと前記金属薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第4の工程、
前記金属パターンおよび前記金属薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記テーパー状凹部に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、
テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第6の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項13】 シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法において、
全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターニングして複数のテーパー用開口をもつパターンを形成する第1の工程、
前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパー状凹部を形成する第2の工程、
テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の珪素窒化物層をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパー状凹部の中心とほぼ一致するような小開口をもつパターンを形成する第3の工程、
シリコン基板の両面に金属薄膜を形成し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側の金属薄膜をパターニングして、前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成する第4の工程、
前記金属パターンと前記金属薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第5の工程、
前記金属パターンおよび前記金属薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位と前記テーパー状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第6の工程、

前記珪素窒化物層を除去し、テーパー状凹部が形成されていないシリコン基板面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第7の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項14】 シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであって、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法において、
全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつ金属パターンを形成し、他方の面の該珪素窒化物層上に、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつ金属パターンを形成する第1の工程、

前記微細開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第2の工程、
前記広幅開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第3の工程、
前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、
広幅凹部が形成されていないシリコン基板面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第5の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項15】 シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであって、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法において、
全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、
前記珪素窒化物層のパターンを覆うように金属薄膜を形成し、次に該金属薄膜をパターニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成するとともに、他方の面の金属薄膜をパターニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつ金属パターンを形成する第2の工程、
前記微細開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔

を穿設する第3の工程、
前記広幅開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第4の工程、
前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、
前記珪素窒化物層を除去し、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第6の工程、を有することを特徴とする微細ノズルの製造方法。

【請求項16】 シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、該微細ノズルの少なくとも先端面および外側面に設けられた補強層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えることを特徴とする微細パターン形成装置。

【請求項17】 前記補強層の厚みは、前記微細ノズルの厚みの2倍以上であることを特徴とする請求項16に記載の微細パターン形成装置。

【請求項18】 前記補強層は、珪素酸化物および珪素ガラスのいずれかにより形成されたものであることを特徴とする請求項17に記載の微細パターン形成装置。

【請求項19】 前記微細ノズルは、開口径が $1\sim 100\mu\text{m}$ の範囲内、形成ピッチが $4\sim 1000\mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする請求項16乃至請求項18のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項20】 前記微細ノズルは、突出長が $10\sim 400\mu\text{m}$ の範囲内にあることを特徴とする請求項16乃至請求項19のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項21】 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部であることを特徴とする請求項16乃至請求項20のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項22】 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であることを特徴とする請求項16乃至請求項20のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項23】 前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備

えることを特徴とする請求項16乃至請求項22のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項24】 少なくとも前記微細ノズルの外側面に形成された前記補強層と、前記シリコン基板裏面側とに、撥水性層を備えることを特徴とする請求項16乃至請求項23のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項25】 前記撥水性層は、フルオロカーボンで形成されたものであることを特徴とする請求項24に記載の微細パターン形成装置。

【請求項26】 シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通するように設けられた複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された主電極と、前記シリコン基板の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えることを特徴とする微細パターン形成装置。

【請求項27】 前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にノズルが突設されていることを特徴とする請求項26に記載の微細パターン形成装置。

【請求項28】 前記微細孔の壁面は珪素酸化物層を有し、前記ノズルは珪素酸化物からなることを特徴とする請求項27に記載の微細パターン形成装置。

【請求項29】 前記対向電極は、ドラム形状および平板形状のいずれかであることを特徴とする請求項26乃至請求項28のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項30】 前記微細孔の開口径は、 $1\sim 100\mu\text{m}$ の範囲内、前記微細孔の形成ピッチは $2\sim 1000\mu\text{m}$ の範囲内であることを特徴とする請求項26乃至請求項29のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項31】 前記ノズルの突出長は、 $10\sim 400\mu\text{m}$ の範囲内にあることを特徴とする請求項27乃至請求項30のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項32】 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部であることを特徴とする請求項26乃至請求項31のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項33】 前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部は、シリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であることを特徴とする請求項26乃至請求項31のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項34】 前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えることを特徴とする請求項26乃至請求項33のいずれかに記載の微細パターン形成装置。

【請求項35】 各微細孔グループごとに別個の主電極を備えることを特徴とする請求項34に記載の微細パターン形成装置。

【請求項 3 6】 請求項 2 6 乃至請求項 3 5 のいずれかに記載の微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に所定方向に走査させながら、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給されたインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に連続的または間欠的に吐出させることにより、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを形成することを特徴とする微細パターンの形成方法。

【請求項 3 7】 パターンの各構成ストライプを、前記走査方向に沿って同じ列上に配設された複数の微細孔からインキを供給して形成することを特徴とする請求項 3 6 に記載の微細パターンの形成方法。

【請求項 3 8】 請求項 2 6 乃至請求項 3 5 のいずれかに記載の微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に配置し、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給された一定量のインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成することを特徴とする微細パターンの形成方法。

【請求項 3 9】 主電極に印加する電圧を調整して、インキ吐出幅および吐出量を制御することを特徴とする請求項 3 6 乃至請求項 3 8 のいずれかに記載の微細パターンの形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は微細パターン形成装置と微細ノズルの製造方法および微細パターンの形成方法に係り、特に液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネッセンス等のフラットディスプレイ製造のパターン形成やプリント配線板の導体パターン形成等に应用できる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置に用いられる微細ノズルの製造方法、および、上記のような微細パターンの形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、液晶ディスプレイ用のカラーフィルタ等の微細パターンの形成は、フォトリソグラフィ法、印刷法、電着法等により行なわれている。これらの形成方法の中でも、精度、外観品位の点でフォトリソグラフィ法が優れている。また、プリント配線板の導体パターンの形成においても、高精度な配線が可能なフォトリソグラフィ法が用いられている。

【0003】フォトリソグラフィ法によるカラーフィルタの製造の一例では、スパッタリングや蒸着等で成膜されたクロム等の金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、フォトマスクを介して露光、現像によりレジストパターンを作製し、これをマスクとして金属薄膜をエッチングでパターンニングすることによりブラックマトリックスが形成される。次に、着色顔料を含有する感光性レジストを塗布した後、フォトマスクを介して露光、現像す

ることによりカラーフィルタの着色層が形成される。一方、プリント配線板は、銅めっき層上に感光性レジストのパターンを形成し、これをマスクとして銅めっき層をエッチングすることにより導体パターンが製造される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述のようなフォトリソグラフィ法を用いたカラーフィルタのパターン形成、導体パターン形成等の従来の微細パターン形成は工程が複雑であり、製造コストの低減に支障を来していた。

【0005】本発明は上述のような実情に鑑みてなされたものであり、インキを直描することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微細パターン形成装置と、このような微細パターン形成装置が備える微細ノズルの製造方法、および微細パターンの形成方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。そして、前記微細ノズルの開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内、かつ、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下、前記微細ノズルの形成ピッチは $2 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内であるような構成とした。

【0007】また、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の裏面から突出する複数の微細ノズルと、該微細ノズルの形成部位にてシリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置とを備え、前記微細ノズルは、前記シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、前記微細孔と連通したノズル基部の内壁面に設けられた珪素酸化物内面層と、前記ノズル基部の先端面を覆うように前記珪素酸化物内面層と一体的に形成された珪素酸化物端面層を有するような構成とした。そして、前記微細ノズルの開口径は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内、かつ、バラツキは $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下、前記微細ノズルの形成ピッチは $4 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内であるような構成とした。

【0008】また、上述の微細パターン形成装置において、前記微細ノズルの突出長が $10 \sim 150 \mu\text{m}$ の範囲

内にあるような構成とした。また、上述の微細パターン形成装置において、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。さらに、前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成とした。

【0009】本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつ金属パターンを形成する第1の工程、前記金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第2の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内を酸化して珪素酸化物層を形成する第3の工程、シリコン基板の一方の面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第4の工程、を有するような構成とした。そして、前記第4の工程において、前記金属パターンを除去した面からエッチングを行うような構成とした。

【0010】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターンニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素窒化物層のパターンを覆うように金属薄膜を形成し、該金属薄膜をパターンニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成する第2の工程、前記金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第3の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、前記珪素窒化物層を除去し、珪素酸化物層が形成された面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第5の工程、を有するような構成とした。

【0011】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、

シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターンニングして複数のテーパ用開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパ形状凹部を形成する第2の工程、シリコン基板の両面に金属薄膜を形成し、テーパ形状凹部が形成されていないシリコン基板面の金属薄膜をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパ形状凹部の中心とほぼ一致するような微細開口をもつ金属パターンを形成する第3の工程、前記金属パターンと前記金属薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第4の工程、前記金属パターンおよび前記金属薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記テーパ形状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、テーパ形状凹部が形成されていないシリコン基板面側からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第6の工程、を有するような構成とした。

【0012】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成した表面結晶方位<100>のシリコン基板の一方の面側の該珪素窒化物層をパターンニングして複数のテーパ用開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板の表面に結晶異方性エッチングを施してテーパ形状凹部を形成する第2の工程、テーパ形状凹部が形成されていないシリコン基板面側の珪素窒化物層をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記テーパ形状凹部の中心とほぼ一致するような小開口をもつパターンを形成する第3の工程、シリコン基板の両面に金属薄膜を形成し、テーパ形状凹部が形成されていないシリコン基板面側の金属薄膜をパターンニングして、前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成する第4の工程、前記金属パターンと前記金属薄膜をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に貫通微細孔を形成する第5の工程、前記金属パターンおよび前記金属薄膜を除去し、シリコン基板の前記貫通微細孔内の部位と前記小開口内に露出する部位と前記テーパ形状凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成

する第6の工程、前記珪素窒化物層を除去し、テーパ形状凹部が形成されていないシリコン基板面側から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第7の工程、を有するような構成とした。

【0013】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する珪素酸化物からなる微細ノズルであり、前記シリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層上に複数の微細開口をもつ金属パターンを形成し、他方の面の該珪素窒化物層上に、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつ金属パターンを形成する第1の工程、前記微細開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第2の工程、前記広幅開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するように形成して、多段形状の凹部を形成する第3の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位を酸化して珪素酸化物層を形成する第4の工程、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面からドライエッチングにより前記珪素窒化物層の一部とシリコン基板の一部を除去して、前記珪素酸化物層を所定の長さ露出させて微細ノズルとする第5の工程、を有するような構成とした。

【0014】また、本発明の微細ノズルの製造方法は、シリコン基板の一方の面から複数突出する微細ノズルであり、シリコン基板と一体的に形成されたノズル基部と、該ノズル基部の先端面を覆う珪素酸化物端面層を有し、該ノズル基部はシリコン基板を貫通し壁面に珪素酸化物層を有する微細孔と連通し、かつ、内壁面に珪素酸化物内面層を有する微細ノズルの製造方法であって、全面に珪素窒化物層を形成したシリコン基板の一方の面の該珪素窒化物層をパターンニングして複数の小開口をもつパターンを形成する第1の工程、前記珪素窒化物層のパターンを覆うように金属薄膜を形成し、次に該金属薄膜をパターンニングして前記小開口内に位置する微細開口をもつ金属パターンを形成するとともに、他方の面の金属薄膜をパターンニングして、開口中心がシリコン基板を介して前記微細開口の中心とほぼ一致するような広幅開口をもつ金属パターンを形成する第2の工程、前記微細開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に所定の深さで微細孔を穿設する第3の工程、前記広幅開口をもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板に広幅凹部を、該広幅凹部内に前記微細孔の開口部が露出するよ

うに形成して、多段形状の凹部を形成する第4の工程、前記金属パターンを除去し、シリコン基板の前記微細孔内の部位と前記広幅凹部内に露出する部位と前記小開口内に露出する部位とを酸化して珪素酸化物層を形成する第5の工程、前記珪素窒化物層を除去し、広幅凹部が形成されていないシリコン基板面から該珪素酸化物層をマスクとしてドライエッチングによりシリコン基板の一部を除去して所定の長さのノズル基部を形成することにより微細ノズルとする第6の工程、を有するような構成とした。

【0015】このような本発明では、シリコン基板の微細孔に供給されたインキは、微細ノズルから吐出されたパターン被形成体上に付着して直接描画が可能となり、インキ供給量を変えることによりインキ付着量を任意に変えることができる。

【0016】また、上述のような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通し壁面に珪素酸化物層を有する複数の微細孔と、該珪素酸化物層と一体的に前記微細孔の開口部からシリコン基板裏面側に突出する微細ノズルと、該微細ノズルの少なくとも先端面および外側面に設けられた補強層と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

【0017】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記補強層の厚みが前記微細ノズルの厚みの2倍以上であるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記補強層が珪素酸化物および珪素ガラスのいずれかにより形成されたものであるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細ノズルの開口径が $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲内、微細ノズルの形成ピッチが $4 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲内であるような構成、前記微細ノズルの突出長が $10 \sim 400 \mu\text{m}$ の範囲内にあるような構成とした。

【0018】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔が2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成とした。

【0019】さらに、本発明の微細パターン形成装置は、少なくとも前記微細ノズルの外側面に形成された前記補強層と、前記シリコン基板裏面側とに、撥水性層を備えるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記撥水性層がフルオロカーボンで形成さ

れたものであるような構成とした。

【0020】このような本発明では、微細ノズルは補強層により機械的強度が高いものとされ、シリコン基板の微細孔に供給されたインキは、微細ノズルから吐出されてパターン被形成体上に付着して直接描画が可能となり、インキ供給量を変えることによりインキ付着量を任意に変えることができる。

【0021】さらに、上述のような目的を達成するために、本発明の微細パターン形成装置は、シリコン基板と、該シリコン基板の表面から裏面に貫通するように設けられた複数の微細孔と、前記シリコン基板の表面側に配設された主電極と、前記シリコン基板の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、前記シリコン基板の表面側に配設された支持部材と、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部にインキを供給するためのインキ流路と、該インキ流路に接続されたインキ供給装置と、を備えるような構成とした。

【0022】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板裏面側の前記微細孔の開口部にノズルが突設されているような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔の壁面は珪素酸化物層を有し、前記ノズルは珪素酸化物からなるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記対向電極がドラム形状および平板形状のいずれかであるような構成とした。

【0023】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔の開口径が $1\sim100\mu\text{m}$ の範囲内、前記微細孔の形成ピッチは $2\sim1000\mu\text{m}$ の範囲内であるような構成とした。さらに、本発明の微細パターン形成装置は、前記ノズルの突出長が $10\sim400\mu\text{m}$ の範囲内にあるような構成とした。

【0024】また、本発明の微細パターン形成装置は、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がったテーパ形状凹部であるような構成、あるいは、前記シリコン基板表面側の前記微細孔の開口部がシリコン基板表面側に広がった多段形状凹部であるような構成とした。また、本発明の微細パターン形成装置は、前記微細孔は2以上のグループ分けがなされ、各微細孔グループごとに別個のインキ流路を備えるような構成、さらに、各微細孔グループごとに別個の主電極を備えるような構成とした。

【0025】本発明の微細パターンの形成方法は、上述のような微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に所定方向に走査させながら、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給されたインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に連続的または間欠的に吐出させることにより、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを形成するような構成とした。

【0026】また、上記のパターンの各構成ストライプ

を、前記走査方向に沿って同じ列上に配設された複数の微細孔からインキを供給して形成するような構成とした。また、本発明の微細パターンの形成方法は、上述のような微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に配置し、微細パターン形成装置の主電極に電圧を印加した状態で、インキ流路から低圧力で供給された一定量のインキを各微細孔を介して前記パターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成するような構成とした。そして、上述の主電極に印加する電圧を調整して、インキ吐出幅および吐出量を制御するような構成とした。

【0027】このような本発明では、供給されたインキは、主電極と対向電極間に形成される電界と供給時の低圧力とによりシリコン基板の微細孔から吐出されてパターン被形成体上に付着して直接描画がなされ、電界強度とインキ供給圧を変えることによりインキの吐出幅と吐出量を制御して、インキ付着量を任意に変えることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

1-1 微細パターン形成装置

（第1の実施形態）図1は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。図1において、微細パターン形成装置1は、シリコン基板2と、このシリコン基板2の裏面2B側に突出した微細ノズル5と、シリコン基板2の表面2Aと側面2Cに形成された珪素窒化物層6と、支持部材7と、シリコン基板2と支持部材7との空隙部にインキを供給するインキ流路8と、このインキ流路8に接続されたインキ供給装置9とを備えている。

【0029】シリコン基板2は、表面2A側から裏面2B側に貫通する複数の微細孔3を備え、この微細孔3の表面2A側の開口部3aは、上記のシリコン基板2と支持部材7とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板2の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは $200\sim500\mu\text{m}$ 程度が好ましい。このようなシリコン基板2は、その線膨張係数が約 $2.6\times10^{-6}/\text{K}$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0030】微細孔3は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板2の表面2Aに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板2の表面2Aに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層4が設けられている。通常、この珪素酸化物層4の厚みは $5000\sim10000\text{\AA}$ 程度である。図示例では、シリコン基板2の厚み、微細孔3の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔3の内径は $1\sim100\mu\text{m}$ 程度、微細孔3のアスペクト

比は1～100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔3の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で1 μ m程度が好ましい。

【0031】微細孔3の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔3が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は5～500 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔3の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±1 μ m以下となっている。

【0032】微細ノズル5は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔3の壁面に形成された珪素酸化物層4と一体的に形成され、微細孔3に連通している。この微細ノズル5の厚みは5000～10000 \AA の範囲、開口径（内径）は1～100 μ mの範囲、突出量は10～150 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル5の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1 μ m以下となっている。このような微細ノズル5を設けることにより、微細孔3から吐出されたインキがシリコン基板2の裏面2B側に付着することが防止される。珪素窒化物層6は、シリコン基板2に高い電気絶縁性を付与するものであり、厚みは200～3000 \AA の範囲で適宜設定することができる。

【0033】支持部材7は、上述のシリコン基板2の表面2A側に配設され、シリコン基板2を保持するためのものである。図示例では、支持部材7はシリコン基板2と同じ平面形状の基部7aと、この基部7aの周縁に設けられたフランジ部7b、基部7aの中央に設けられた開口部7cからなり、フランジ部7bにてシリコン基板2の表面2A側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板2と支持部材7との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示していないが、パイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材7をシリコン基板2に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

【0034】この支持部材7は、その線膨張係数がシリコン基板2の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料、例えば、パイレックスガラス（商品名コーニング#7740、線膨張係数 $=3.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）、SU304（線膨張係数 $=17.3 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板2と支持部材7との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板2の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

【0035】インキ流路8は、上記の支持部材7の開口部7cに接続され、その他端はインキ供給装置9に接続

されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路8が1つ接続されているが、微細パターン形成装置1の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部7cを複数設け、各開口部7cにインキ流路8を接続してもよい。また、支持部材7やシリコン基板2を加工することにより、インキ流路を支持部材7および/またはシリコン基板2の内部に形成してもよい。

【0036】インキ供給装置9は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置1の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0037】このような本発明の微細パターン形成装置1は、シリコン基板2の裏面の複数の微細ノズル5からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板2の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置9を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0038】（第2の実施形態）図2は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図2に示されるように、微細パターン形成装置11は、シリコン基板12と、このシリコン基板2の裏面2B側に突出した微細ノズル15と、支持部材17と、シリコン基板12と支持部材17との空隙部にインキを供給するインキ流路18と、このインキ流路18に接続されたインキ供給装置19とを備えている。

【0039】シリコン基板12は、表面12A側から裏面12B側に貫通する複数の微細孔13を備え、この微細孔13の表面12A側の開口部13aは、上記のシリコン基板12と支持部材17とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板12の材質は、上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。

【0040】微細孔13は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板12の表面12Aに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板12の表面12Aに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層14が設けられている。通常、この珪素酸化物層14の厚みは5000～10000 \AA 程度である。図示例では、シリコン基板12の厚み、微細孔13の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔13の内径は1～100 μ m程度、微細孔13のアスペクト比は1～100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔13の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置11により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で4 μ m程度が好

ましい。

【0041】微細孔13の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔13が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は5～500 μm の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔13の内径が軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1\mu\text{m}$ 以下となっている。

【0042】微細ノズル15は、シリコン基板12と一体的に形成されたノズル基部15aと、上記の微細孔13に連通したノズル基部15aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層15bと、ノズル基部15aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層15cとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層15bと、珪素酸化物端面層15cは、微細孔13の壁面に形成された珪素酸化物層14と一体的に形成されている。ノズル基部15aの外径は3～150 μm の範囲、ノズル基部15aの肉厚は1～25 μm の範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層15bと珪素酸化物端面層15cの厚みは5000～10000 \AA の範囲、微細ノズル15の開口径（珪素酸化物内面層15bの内径）は1～100 μm の範囲、微細ノズル15の突出量（ノズル基部15aの高さ）は10～150 μm の範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル15の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1\mu\text{m}$ 以下となっている。このような微細ノズル15を設けることにより、微細孔13から吐出されたインキがシリコン基板12の裏面12B側に付着することが防止される。

【0043】支持部材17は、上述のシリコン基板12の表面12A側に配設され、シリコン基板12を保持するためのものである。図示例では、支持部材17は、上述の支持部材7と同様に、シリコン基板12と同じ平面形状の基部17aと、この基部17aの周縁に設けられたフランジ部17b、基部17aの中央に設けられた開口部17cからなり、フランジ部17bにてシリコン基板12の表面12A側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板12と支持部材17との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、パイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材17をシリコン基板12に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

【0044】この支持部材17の材質は、上述の支持部材7と同様に、その線膨張係数がシリコン基板12の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0045】インキ流路18は、上記の支持部材17の開口部17cに接続され、その他端はインキ供給装置19に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ

流路18が1つ接続されているが、微細パターン形成装置11の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部17cを複数設け、各開口部17cにインキ流路18を接続してもよい。また、支持部材17やシリコン基板12を加工することにより、インキ流路を支持部材17および／またはシリコン基板12の内部に形成してもよい。

【0046】インキ供給装置19は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置11の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0047】このような本発明の微細パターン形成装置11は、シリコン基板12の裏面の複数の微細ノズル15からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板12の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置19を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル15がノズル基部15aを備えるので、微細ノズル15の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0048】（第3の実施形態）図3は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図3に示されるように、微細パターン形成装置1'は、シリコン基板2'と、このシリコン基板2'の表面2'Aに形成されたテーパー形状の凹部3'aと、シリコン基板2'の裏面2'B側に突出した微細ノズル5と、シリコン基板2'の表面2'Aと側面2'Cに形成された珪素窒化物層6と、支持部材7と、シリコン基板2'と支持部材7との空隙部にインキを供給するインキ流路8と、このインキ流路8に接続されたインキ供給装置9とを備えている。

【0049】シリコン基板2'は、表面2'A側の複数のテーパー形状の凹部3'aの底部から裏面2'B側に貫通する微細孔3を備え、この微細孔3の表面2'A側の開口部3aはテーパー形状の凹部3'aに露出し、テーパー形状の凹部3'aは上記のシリコン基板2'と支持部材7とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板2'は、表面2'Aと裏面2'Bの結晶方位が<100>面であるシリコンの単結晶であり、厚みは200～500 μm 程度が好ましい。このようなシリコン基板2'は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-4}/\text{K}$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0050】テーパー形状の凹部3'aの壁面は、珪素酸化物層4が設けられており、通常、この珪素酸化物層4の厚みは5000～10000 \AA 程度である。凹部3'aのテーパー形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状

等、いずれであってもよく、深さは $5\sim150\mu\text{m}$ 程度、最大開口径は $10\sim200\mu\text{m}$ 程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパ形状が逆四角錐形状の場合、凹部 $3'a$ の壁面は、シリコン基板 $2'$ の表面 $2'A$ ($<100>$ 面) に対して 55° をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板 $2'$ の厚み、テーパ形状の凹部 $3'a$ の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 $3'a$ の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 $1'$ により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 3 とともに適宜設定することができる、形成ピッチは最小で $15\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

【0051】微細孔 3 は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板 $2'$ の表面 $2'A$ に平行な断面)が円形、その軸方向に沿った縦断面形状(シリコン基板 $2'$ の表面 $2'A$ に垂直な断面)が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部 $3'a$ の壁面から連続するように珪素酸化物層 4 が設けられている。図示例では、微細孔 3 の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔 3 の内径は $1\sim100\mu\text{m}$ 程度、微細孔 3 のアスペクト比は $1\sim100$ 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔 3 の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 $1'$ により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができる、形成ピッチは最小で $15\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

【0052】微細孔 3 の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔 3 が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は $5\sim500\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような微細孔 3 の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm1\mu\text{m}$ 以下となっている。

【0053】微細ノズル 5 は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔 3 の壁面に形成された珪素酸化物層 4 と一体的に形成され、微細孔 3 に連通している。この微細ノズル 5 の厚みは $5000\sim10000\text{\AA}$ の範囲、開口径(内径)は $1\sim100\mu\text{m}$ の範囲、突出量は $10\sim150\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル 5 の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm1\mu\text{m}$ 以下となっている。このような微細ノズル 5 を設けることにより、微細孔 3 から吐出されたインキがシリコン基板 $2'$ の裏面 $2'B$ 側に付着することが防止される。尚、珪素窒化物層 6 、支持部材 7 、インキ流路 8 、および、インキ供給装置 9 は、上述の微細パターン形成装置 1 と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0054】このような本発明の微細パターン形成装置 $1'$ は、テーパ形状の凹部 $3'a$ を備えることにより

インキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板 $2'$ の裏面の複数の微細ノズル 5 からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板 $2'$ の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置 9 を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0055】(第4の実施形態) 図4は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図4に示されるように、微細パターン形成装置 $11'$ は、シリコン基板 $12'$ と、このシリコン基板 $12'$ の表面 $12'A$ に形成されたテーパ形状の凹部 $13'a$ と、シリコン基板 $12'$ の裏面 $12'B$ 側に突出した微細ノズル 15 と、支持部材 17 と、シリコン基板 $12'$ と支持部材 17 との空隙部にインキを供給するインキ流路 18 と、このインキ流路 18 に接続されたインキ供給装置 19 とを備えている。

【0056】シリコン基板 $12'$ は、表面 $12'A$ 側の複数のテーパ形状の凹部 $13'a$ の底部から裏面 $12'B$ 側に貫通する微細孔 13 を備え、この微細孔 13 の表面 $12'A$ 側の開口部 $13a$ はテーパ形状の凹部 $13'a$ に露出し、テーパ形状の凹部 $13'a$ は上記のシリコン基板 $12'$ と支持部材 17 とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板 $12'$ は、表面 $12'A$ と裏面 $12'B$ の結晶方位が $<100>$ 面であるシリコンの単結晶であり、厚みは $200\sim500\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

【0057】テーパ形状の凹部 $13'a$ の壁面は、珪素酸化物層 14 が設けられており、通常、この珪素酸化物層 14 の厚みは $5000\sim10000\text{\AA}$ 程度である。凹部 $13'a$ のテーパ形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは $5\sim150\mu\text{m}$ 程度、最大開口径は $10\sim200\mu\text{m}$ 程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパ形状が逆四角錐形状の場合、凹部 $13'a$ の壁面は、シリコン基板 $12'$ の表面 $12'A$ ($<100>$ 面) に対して 55° をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板 $12'$ の厚み、テーパ形状の凹部 $13'a$ の形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部 $13'a$ の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置 $11'$ により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔 13 とともに適宜設定することができる、形成ピッチは最小で $15\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

【0058】微細孔 13 は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板 $12'$ の表面 $12'A$ に平行な断面)が円形、その軸方向に沿った縦断面形状(シリコン基板 $12'$ の表面 $12'A$ に垂直な断面)が長方形であ

る円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部13a'の壁面から連続するように珪素酸化物層14が設けられている。図示例では、微細孔13の径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔13の径は1~100 μ m程度、微細孔13のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔13の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置11'により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15 μ m程度が好ましい。

【0059】微細孔13の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔13が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の径は5~500 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔13の径は軸方向ではほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1\mu$ m以下となっている。

【0060】微細ノズル15は、シリコン基板12'と一体的に形成されたノズル基部15aと、上記の微細孔13に連通したノズル基部15aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層15bと、ノズル基部15aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層15cとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層15bと、珪素酸化物端面層15cは、微細孔13の壁面に形成された珪素酸化物層14と一体的に形成されている。ノズル基部15aの外径は3~150 μ mの範囲、ノズル基部15aの肉厚は1~25 μ mの範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層15bと珪素酸化物端面層15cの厚みは5000~10000Åの範囲、微細ノズル15の開口径（珪素酸化物内面層15bの内径）は1~100 μ mの範囲、微細ノズル15の突出量（ノズル基部15aの高さ）は10~150 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル15の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1\mu$ m以下となっている。このような微細ノズル15を設けることにより、微細孔13から吐出されたインキがシリコン基板12'の裏面12'B側に付着することが防止される。尚、支持部材17、インキ流路18、および、インキ供給装置19は、上述の微細パターン形成装置11と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0061】このような本発明の微細パターン形成装置11'は、テーパ形状の凹部13'aを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板12'の裏面の複数の微細ノズル15からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板12'の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置19を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐

出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル15がノズル基部15aを備えるので、微細ノズル15の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0062】（第5の実施形態）図5は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図5に示されるように、微細パターン形成装置1''は、シリコン基板2''と、このシリコン基板2''の表面2''Aに形成された多段形状の凹部3''aと、シリコン基板2''の裏面2''B側に突出した微細ノズル5と、シリコン基板2''の表面2''Aと側面2''Cに形成された珪素窒化物層6と、支持部材7と、シリコン基板2''と支持部材7との空隙部にインキを供給するインキ流路8と、このインキ流路8に接続されたインキ供給装置9とを備えている。

【0063】シリコン基板2''は、表面2''A側の複数の多段形状の凹部3''aの底部から裏面2''B側に貫通する微細孔3を備え、この微細孔3の表面2''A側の開口部3aは凹部3''aに露出し、この凹部3''aは上記のシリコン基板2''と支持部材7とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔3は、微細開口部である開口部3aと、広幅開口部である凹部3''aとからなる2段の凹部開口を有することになる。

【0064】シリコン基板2''の材質は、上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板2''は、凹部3''と微細孔3との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつSOI（Silicon On Insulator）ウエハであってもよい。

【0065】凹部3''aの壁面は、珪素酸化物層4が設けられており、通常、この珪素酸化物層4の厚みは5000~10000Å程度である。凹部3''aの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは1~150 μ m程度、開口径は5~200 μ m程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板2''の厚み、凹部3''aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部3''aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1''により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔3とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 μ m程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部3aと、広幅開口部である凹部3''aとからなる2段の開口部であるが、3段以上の開口部であってもよい。

【0066】微細孔3は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板2''の表面2''Aに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板2''

の表面2" Aに垂直な断面)が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部3" aの壁面から連続するように珪素酸化物層4が設けられている。図示例では、微細孔3の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔3の内径は1~100 μ m程度、微細孔3のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔3の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置1"により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 μ m程度が好ましい。

【0067】微細孔3の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔3が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の内径は5~500 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔3の内径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu$ m以下となっている。

【0068】微細ノズル5は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔3の壁面に形成された珪素酸化物層4と一体的に形成され、微細孔3に連通している。この微細ノズル5の厚みは5000~10000 Åの範囲、開口径(内径)は1~100 μ mの範囲、突出量は10~150 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル5の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1 \mu$ m以下となっている。このような微細ノズル5を設けることにより、微細孔3から吐出されたインキがシリコン基板2"の裏面2" B側に付着することが防止される。尚、珪素窒化物層6、支持部材7、インキ流路8、および、インキ供給装置9は、上述の微細パターン形成装置1と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0069】このような本発明の微細パターン形成装置1"は、多段形状の凹部3" aを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板2"の裏面の複数の微細ノズル5からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板2"の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置9を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0070】(第6の実施形態)図6は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図6に示されるように、微細パターン形成装置1"は、シリコン基板12"と、このシリコン基板12"の表面12" Aに形成された多段形状の凹部13" aと、シリコン基板12"の裏面12" B側に突出した

微細ノズル15と、支持部材17と、シリコン基板12"と支持部材17との空隙部にインキを供給するインキ流路18と、このインキ流路18に接続されたインキ供給装置19とを備えている。

【0071】シリコン基板12"は、表面12" A側の複数の多段形状の凹部13" aの底部から裏面12" B側に貫通する微細孔13を備え、この微細孔13の表面12" A側の開口部13 aは凹部13" a内に露出し、凹部13" aは上記のシリコン基板12"と支持部材17とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔13は、微細開口部である開口部13 aと、広幅開口部である凹部13" aとからなる2段の開口部を有することになる。

【0072】シリコン基板12"の材質は、上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板2"は、凹部3"と微細孔3との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつSOI (Silicon On Insulator) ウエハであってもよい。

【0073】凹部13" aの壁面は、珪素酸化物層14が設けられており、通常、この珪素酸化物層14の厚みは5000~10000 Å程度である。凹部13" aの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは1~150 μ m程度、開口径は5~200 μ m程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板12"の厚み、凹部13" aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部13" aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置11"により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔13とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 μ m程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部13 aと、広幅開口部である凹部13" aとからなる2段の開口部であるが、3段以上の開口部であってもよい。

【0074】微細孔13は、その軸方向に垂直な横断面形状(シリコン基板12"の表面12" Aに平行な断面)が円形、その軸方向に沿った縦断面形状(シリコン基板12"の表面12" Aに垂直な断面)が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部13" aの壁面から連続するように珪素酸化物層14が設けられている。図示例では、微細孔13の径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔13の径は1~100 μ m程度、微細孔13のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔13の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置11"により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 μ m程度が好ましい。

【0075】微細孔13の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔13が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の径は5～500 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような微細孔13の径は軸方向でほぼ均一であり、通常、バラツキは±1 μ m以下となっている。

【0076】微細ノズル15は、シリコン基板12と一体的に形成されたノズル基部15aと、上記の微細孔13に連通したノズル基部15aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層15bと、ノズル基部15aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層15cとで構成されている。そして、珪素酸化物内面層15bと、珪素酸化物端面層15cは、微細孔13の壁面に形成された珪素酸化物層14と一体的に形成されている。ノズル基部15aの外径は3～150 μ mの範囲、ノズル基部15aの肉厚は1～25 μ mの範囲で適宜設定できる。また、珪素酸化物内面層15bと珪素酸化物端面層15cの厚みは5000～10000Åの範囲、微細ノズル15の開口径（珪素酸化物内面層15bの内径）は1～100 μ mの範囲、微細ノズル15の突出量（ノズル基部15aの高さ）は10～150 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような複数の微細ノズル15の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1 μ m以下となっている。このような微細ノズル15を設けることにより、微細孔13から吐出されたインキがシリコン基板12の裏面12B側に付着することが防止される。尚、支持部材17、インキ流路18、および、インキ供給装置19は、上述の微細パターン形成装置11と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0077】このような本発明の微細パターン形成装置11は、多段形状の凹部13aを備えることによりインキの流路抵抗が低減し、より高粘度のインキをシリコン基板12の裏面の複数の微細ノズル15からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板12の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置19を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。さらに、微細ノズル15がノズル基部15aを備えるので、微細ノズル15の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0078】（第7の実施形態）図7は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図8は図7に示される微細パターン形成装置の底面図である。図7および図8において、微細パターン形成装置21は、連続した3つの装置部21a、21b、2

1cからなり、共通のシリコン基板22と、このシリコン基板22の裏面から突出している複数の微細ノズル25と、シリコン基板22の表面22A側に配設された3つの支持部材27と、シリコン基板22と各支持部材27との空隙部にインキを供給する3つのインキ流路28と、これらのインキ流路28に接続されたインキ供給装置29a、29b、29cとを備えている。

【0079】シリコン基板22は、各装置部21a、21b、21cごとに、表面22A側から裏面22B側に貫通する複数の微細孔23を備え、この微細孔23の表面22A側の開口部23aは、シリコン基板22と各支持部材27とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板22の材質は上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。

【0080】微細孔23は、各装置部21a、21b、21cごとに所定の方向（図8の矢印A方向）に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。後述する微細ノズル25の開口部25dも同様に配置されている。すなわち、装置部21aでは、矢印A方向に沿って配置された微細孔23の列がピッチP1で複数列形成され、同様に、装置部21b、装置部21cでも、微細孔23の列がピッチP1で複数列形成されている。そして、各装置部21a、21b、21cにおける微細孔23の列は、相互にピッチP2（ $P1=3\times P2$ ）で位置がずれているので、微細パターン形成装置21全体としては、ピッチP2で各装置部21a、21b、21cの微細孔列が繰り返して配列されたものとなっている。このような微細孔23の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔13と同様にして適宜設定できる。また、微細孔23の壁面に形成されている珪素酸化物層24も、上述の珪素酸化物層14と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層24を備えた微細孔23の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

【0081】微細ノズル25は、上述の微細ノズル15と同様の構成であり、シリコン基板22と一体的に形成されたノズル基部25aと、上記の微細孔23に連通したノズル基部25aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層25bと、ノズル基部25aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層25cとで構成されている。また、珪素酸化物内面層25bと珪素酸化物端面層25cは、微細孔23の壁面に形成された珪素酸化物層24と一体的に形成されている。このような微細ノズル25において、そのノズル基部25aの外径と肉厚、珪素酸化物内面層25bと珪素酸化物端面層25cの厚み、微細ノズル25の開口部25dの内径（珪素酸化物内面層25bの内径）、微細ノズル25の突出量（ノズル基部25aの高さ）は、上述の微細ノズル15と同様

の範囲で設定することができる。そして、このような複数の微細ノズル25の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは $\pm 1\ \mu\text{m}$ 以下となっている。このような微細ノズル25を設けることにより、微細孔23から吐出されたインキがシリコン基板22の裏面22B側に付着することが防止される。

【0082】支持部材27は、上述のシリコン基板22の表面22A側に配設され、シリコン基板22を保持するためのものである。図示例では、支持部材27は、上述の支持部材7と同様に、シリコン基板22と同じ平面形状の基部27aと、この基部27aの周縁に設けられたフランジ部27b、基部27aの中央に設けられた開口部27cからなり、フランジ部27bにてシリコン基板22の表面22A側に固着されている。これにより、シリコン基板22と各支持部材27との間にインキが供給される空隙が形成されている。尚、図示してはいないが、パイレックスガラス（商品名）等の耐熱ガラスを介して支持部材27をシリコン基板22に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材27の材質は、上述の支持部材7と同様に、その線膨張係数がシリコン基板22の線膨張係数の $1/10$ 倍～ 10 倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0083】インキ流路28は、上記の各支持部材27の開口部27cに接続され、他端はインキ供給装置29a、29b、29cに接続されている。インキ供給装置29a、29b、29cは、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置11の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材27に設けられているインキ流路28は1つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、1つの支持部材27に複数の開口部27cを設け、各開口部27cにインキ流路28を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材27の内部に形成してもよい。

【0084】このような本発明の微細パターン形成装置21は、シリコン基板22の裏面の複数の微細ノズル25からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板22の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置29a、29b、29cから別種のインキを供給することにより、各装置部21a、21b、21cごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。また、インキ供給装置29a、29b、29cを制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。そして、微細パターン形成装置21は、各装置部21a、21b、21cが一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。さらに、微細ノズル25がノズル基部25aを備えるので、微細ノズル25の機械強度が高く、外部からの

衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0085】尚、微細パターン形成装置21において、図1に示されるような微細ノズル5をシリコン基板22の裏面22B側の設けたものとしてもよい。また、微細パターン形成装置21においても、微細孔23の表面22A側の開口部23aを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル25からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0086】（第8の実施形態）図9は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図9（A）は概略断面図、図9（B）は底面図である。図9において、微細パターン形成装置31は、シリコン基板32と、このシリコン基板32の裏面32Bから突出している複数の微細ノズル35と、シリコン基板32の表面32A側に配設された支持部材37と、シリコン基板32および支持部材37内に形成された3種のインキ流路38a、38b、38cと、各インキ流路に接続されたインキ供給装置39a、39b、39cとを備えている。

【0087】シリコン基板32は表面32A側から裏面32B側に貫通する複数の微細孔33を備え、この微細孔33の表面32A側の開口部33aは、表面32A側に溝状に形成された3種のインキ流路38a、38b、38c内のいずれかに露出している。シリコン基板32の材質は上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。

【0088】微細孔33（後述する微細ノズル35の開口部35d）は所定方向（図9（B）の矢印a方向）に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチPで複数形成されている。図示例では、矢印a方向に沿って複数の微細孔が配列された6本の微細孔列33A、33B、33C、33D、33E、33FがピッチPで形成されている。このような微細孔33の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔3と同様にして適宜設定できる。また、微細孔33の壁面に形成されている珪素酸化物層34も、上述の珪素酸化物層14と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層34を備えた微細孔33の内径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

【0089】微細ノズル35は、上述の微細ノズル15と同様の構成であり、シリコン基板32と一体的に形成されたノズル基部35aと、上記の微細孔33に連通したノズル基部35aの内壁面に形成された珪素酸化物内面層35bと、ノズル基部35aの先端面を覆うように形成された珪素酸化物端面層35cとで構成されている。また、珪素酸化物内面層35bと珪素酸化物端面層

35cは、微細孔33の壁面に形成された珪素酸化物層34と一体的に形成されている。このような微細ノズル35において、そのノズル基部35aの外径および肉厚、珪素酸化物内面層35bと珪素酸化物端面層35cの厚み、微細ノズル35の開口部35dの内径（珪素酸化物内面層35bの内径）、微細ノズル35の突出量（ノズル基部35aの高さ）は、上述の微細ノズル15と同様の範囲で設定することができる。そして、このような複数の微細ノズル35の開口径は、ほぼ均一であり、通常、バラツキは±1μm以下となっている。このような微細ノズル35を設けることにより、微細孔33から吐出されたインキがシリコン基板32の裏面32B側に付着することが防止される。

【0090】支持部材37は、上述のシリコン基板32の表面32A側に配設されてシリコン基板32を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材37のシリコン基板32側にはインキ流路38cが溝状に形成されている。

【0091】図10は、図9（A）に示されるシリコン基板32のA-A線矢視における横断面図、図11は図9（A）に示される支持部材37のB-B線矢視における横断面図である。図9（A）および図10に示されるように、シリコン基板32には、微細孔列33A、33Dの各開口部とインキ供給装置39aとを接続するように形成された溝状のインキ流路38a、および、微細孔列33B、33Eの各開口部とインキ供給装置39bとを接続するように形成された溝状のインキ流路38bとが形成されている。また、微細孔列33C、33Fの各開口部上にインキ流路38cが溝状に形成されている。さらに、図9（A）および図11に示されるように、支持部材37には、微細孔列33C、33Fの各開口部とインキ供給装置39cとを接続するように形成された溝状のインキ流路38cが形成されている。

【0092】このような支持部材37とシリコン基板32との間に形成される3種のインキ流路38a、38b、38cは、図12に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材37の材質は、上述の支持部材7と同様に、その線膨張係数がシリコン基板32の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0093】上述の各インキ流路38a、38b、38cの端部はインキ供給装置39a、39b、39cに接続されている。インキ供給装置39a、39b、39cには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置31の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0094】このような本発明の微細パターン形成装置31は、シリコン基板32の裏面の複数の微細ノズル35からインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板32の裏面へ

のインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置39a、39b、39cから別種のインキを供給することにより、各インキ流路38a、38b、38cに対応してグループ分け（微細孔列33Aと33Dのグループ、微細孔列33Bと33Eのグループ、微細孔列33Cと33Fのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述するストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、微細パターン形成装置31は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。そして、インキ供給装置39a、39b、39cを制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することが可能である。また、微細ノズル35がノズル基部35aを備えるので、微細ノズル35の機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する高い耐久性を備えている。

【0095】尚、微細パターン形成装置31において、図1に示されるような微細ノズル5をシリコン基板32の裏面32B側の設けたものとしてもよい。また、微細パターン形成装置31においても、微細孔33のインキ流路側の開口部を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル35からほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0096】（第9の実施形態）図13は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図13において、微細パターン形成装置41は、シリコン基板42と、このシリコン基板42の裏面から突出している複数の微細ノズルと、シリコン基板42と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図13では、シリコン基板42のみを示し、微細ノズル、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

【0097】シリコン基板42は表面42A側から裏面側に貫通する複数の微細孔43を備え、この微細孔43が1つのパターン46をなすような位置に形成され、かつ、複数（図示例では10個）のパターン46がシリコン基板42に設けられている。尚、微細孔43は1つのパターン46においてのみ示し、他のパターン46はその輪郭のみを鎖線で示してある。

【0098】シリコン基板42の材質は上述のシリコン基板2と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔43の横断面形状、縦断面形状、内径、形成ピッチは、上述の微細孔3と同様にして適宜設定できる。また、微細孔43は壁面に珪素酸化物層を備え、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層4と同様とすることができる。

【0099】このようなシリコン基板42に裏面42B

側には、微細孔43に連通するように複数の微細ノズルが突出している。この微細ノズルは、上述の微細ノズル5、あるいは、微細ノズル15と同様とすることができる。

【0100】また、シリコン基板42は、上述の支持部材7のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図13に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

【0101】このような微細パターン形成装置41は、シリコン基板42の微細孔43（微細ノズル）からインキをほぼ均一な吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。そして、隣接する微細ノズルから吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量でシリコン基板42の微細ノズルからインキを吐出させて直接描画することにより、パターン46に対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

【0102】上記の例では、複数のパターン46が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。また、微細パターン形成装置41においても、微細孔43の開口部を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これによって流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルからほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0103】上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。

【0104】I-2 微細パターン形成

次に、上述の本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターンの形成について説明する。

【0105】まず、図14は、上述の本発明の微細パターン形成装置21を用いた微細パターン形成の一例を説明する図である。図14において、本発明の微細パターン形成装置21のインキ供給装置29a、29b、29cから、それぞれインキA、インキB、インキCを各インキ流路28を介して供給しながら、パターン被形成体Sを微細パターン形成装置21に対して所定方向（矢印A方向）に走査させる。この走査方向Aは、上記の微細パターン形成装置21における微細孔の配列方向A（図8参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置21のシリコン基板22とパターン被形成体Sとの間隙は、0.1～5mm程度の範囲で設定するこ

とができる。

【0106】これにより、シリコン基板22の微細ノズル25から吐出されたインキによってパターン被形成体S上にインキA、インキB、インキCの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチはP2となる。このストライプ状パターンは、1本のストライプが同列上の複数の微細ノズルから吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細ノズルからの吐出量が少なくても、パターン被形成体Sの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔23や微細ノズル25の径の大きさを変えて吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィ法に比べて工程が簡便である。

【0107】尚、パターン被形成体Sが可撓性を有する場合、パターン被形成体Sの裏面に、微細パターン形成装置21と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Sにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

【0108】次に、図15は、本発明の微細パターン形成装置41を使用した微細パターン形成の一例を示す図である。図15において、微細パターン形成装置41（図示例では、シリコン基板42のみを示す）をパターン被形成体Sの所定位置に配置し、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔43（微細ノズル）を介してパターン被形成体上に吐出させることによりパターンを形成する。

【0109】その後、パターン被形成体Sを矢印A方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体S上には、所望のパターン46が形成できる。尚、微細パターン形成装置41のシリコン基板42とパターン被形成体Sとの間隙は、0.1～5mm程度の範囲で設定することができる。

【0110】また、微細パターン形成装置41における複数の微細孔43（微細ノズル）から構成されるパターン46を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィ法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。

【0111】I-3 微細ノズルの製造方法

次に、本発明の微細ノズルの製造方法について説明する。（第1の実施形態）本発明の微細ノズルの製造方法を、図1に示される微細パターン形成装置1の微細ノズル5を例として図16を参照して説明する。まず、第1の工程として、表面を洗浄したシリコン基板2の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物（ Si_3N_4 ）層51を形成する（図16（A））。珪素窒化物層51の形成は、低圧CVD法等により行うことができる。

【0112】次に、一方の面の珪素窒化物層51上に金属薄膜を形成し、この金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして金属薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口をもつ金属パターン52を形成する(図16(B))。この金属パターン52の微細開口の大きさは、後述する微細孔3および微細ノズル5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1~100 μ mの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0113】次に、第2の工程として、金属パターン52をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板2に貫通微細孔3を穿設する(図16(C))。この貫通微細孔3の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。本発明では、微細孔3の穿設の深さを制御する必要がないため、工程が簡便なものとなる。このことは、エッチング速度のウエハ内、ウエハ間不均一性からくる微細孔深さのばらつきが本質的に生じないということであるから、歩留まりの向上と大面積を描画する装置の製造に有効である。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔3の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0114】次に、第3の工程として、上記の金属パターン52を除去し、熱酸化物で酸化することにより、貫通微細孔3の壁面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層4を形成する(図16(D))。

【0115】次に、第4の工程として、シリコン基板2の一方の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層51が除去された後、シリコン基板2の一部がエッチングされ、貫通微細孔3内壁に形成されている珪素酸化物層4が露出する。この珪素酸化物層4が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板2のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル5が得られる(図16(E))。

【0116】上記のドライエッチングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。また、第4の工程でドライエッチングを行うシリコン基板2の面として、上述の金属パターン52が形成されていた面を選択することが好ましい。これは、第2

の工程におけるディープエッチングで、エッチングエンド(図の下方側)の形状は多少バラツキが生じ易いが、金属パターン52が形成されている面側のエッチング精度は極めて高く、この部位を微細ノズル5の先端側に利用することにより、開口径が均一な複数の微細ノズル5を得ることがより容易となる。

【0117】(第2の実施形態)次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図2に示される微細パターン形成装置11の微細ノズル15を例として図17および図18を参照して説明する。

【0118】まず、第1の工程として、表面を洗浄したシリコン基板12の全面に厚み200~3000Å程度の珪素窒化物(Si_3N_4)層61を形成し、この珪素窒化物層61に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層61をRIE(Reactive Ion Etching(プロセスガス: CF_4 または SF_6))によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口61aをもつパターンを形成する(図17

(A))。珪素窒化物層61の形成は、上述の珪素窒化物層51と同様に行うことができる。また、小開口61aの大きさは、後述するノズル基部の大きさ(外径)を決定するものであり、通常、開口径を3~120 μ mの範囲内で設定することができる。

【0119】次に、第2の工程として、上記の珪素窒化物層61のパターン上に金属薄膜を形成し、この金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして金属薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口62aをもつ金属パターン62を形成する(図17(B))。この微細開口62aは、上記の珪素窒化物層61のパターンの小開口61a内、好ましくは中心部に位置する。この微細開口62aの大きさは、後述する微細孔13および微細ノズルの大きさを決定するものであり、通常、開口径を1~100 μ mの範囲内で設定することができる。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0120】次に、第3の工程として、金属パターン62をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板12に貫通微細孔13を穿設する(図17(C))。この貫通微細孔13の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチン

グによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。本発明では、微細孔13の穿設の深さを制御する必要がないため、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔13の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0121】次に、第4の工程として、上記の金属パターン62を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔13の壁面に珪素酸化物層14（珪素酸化物内面層15b）を、珪素窒化物層61の小開口61a内に露出しているシリコン基板12に珪素酸化物層14（珪素酸化物端面層15c）を、それぞれ厚み5000～10000Å程度で形成する（図18（A））。

【0122】次に、第5の工程として、珪素窒化物層61を除去し（図18（B））、珪素窒化物層61の小開口61aが形成されていたシリコン基板12の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層14（珪素酸化物端面層15c）がマスクとなってシリコン基板12の一部がエッチングされ、ノズル基部15aがシリコン基板12と一体的に形成される。このノズル基部15aが所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板12のエッチング側に突出した微細ノズル15が得られる（図18（C））。上記のノズル基部15aの肉厚は、上記の小開口61aと微細開口62aとの半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第5の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層61を除去することなく行ってもよい。

【0123】上記のドライエッチングは、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching）とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。また、この微細ノズルの製造方法では、第3の工程におけるディープエッチングで金属パターン62が形成されている面側の部位（エッチング精度は極めて高い）を微細ノズル15の先端側に利用しているので、開口径が均一な複数の微細ノズル15を得ることができる。

【0124】（第3の実施形態）本発明の微細ノズルの製造方法を、図3に示される微細パターン形成装置1'の微細ノズル5を例として図19および図20を参照して説明する。

【0125】まず、第1の工程として、表面結晶方位<100>のシリコン基板2'の表面を洗浄し、このシリコン基板2'の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物（ Si_3N_4 ）層51'を形成する。

【0126】次に、シリコン基板2'の表面2'A側の珪素窒化物層51'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパタ

ーンRをマスクとして珪素窒化物層51'をRIE（Reactive Ion Etching（プロセスガス： CF_4 または SF_6 ））によりエッチングして、テーパー用開口51'aをもつパターンを形成する（図19（A））。珪素窒化物層51'の形成は、上述の珪素窒化物層51と同様に行うことができる。この珪素窒化物層51'のテーパー用開口51'aの大きさ、形状は、後述するテーパー形状の凹部3'aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパー用開口を10～200μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

【0127】次に、第2の工程として、珪素窒化物層51'をマスクとして、シリコン基板2'に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパー用開口51'aに露出しているシリコン基板2'が、結晶方位<111>面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパー開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板2'の表面2'A側にテーパー形状の凹部3'aが形成される（図19（B））。

【0128】次に、第3の工程として、レジストパターンRを除去し、シリコン基板2'の表面2'A側および裏面2'B側に金属薄膜52'を形成する。次いで、テーパー状凹部3'aが形成されていないシリコン基板2'の裏面2'B側の金属薄膜52'をパターンニングして微細開口52'aを形成する（図19（C））。この微細開口52'aは、その開口中心がシリコン基板2'を介して上記のテーパー状凹部3'aの中心（頂点）とほぼ一致するように形成する。また、微細開口52'aの大きさは、後述する微細孔3および微細ノズル5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口52'aを1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

【0129】次に、第4の工程として、金属薄膜52'をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板2'に裏面2'B側から貫通微細孔3を穿設する（図20（A））。この貫通微細孔3の穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔3がテーパー形状凹部3'a内まで貫通したところで、シリコン基板2'の表面2'A側に形成した金属薄膜52'（テーパー形状凹部3'a内の金属薄膜5

2') がストッピング層として作用するので、微細孔3の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔3の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0130】次に、第5の工程として、上記の金属薄膜52'を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔3の壁面、および、テーパ形状凹部3' aの壁面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層4を形成する(図20(B))。

【0131】次に、第6の工程として、テーパ形状凹部3' aが形成されていないシリコン基板2'の裏面2' B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層51'が除去された後、シリコン基板2'の一部がエッチングされ、貫通微細孔3内壁に形成されている珪素酸化物層4が露出する。この珪素酸化物層4が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板2'のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル5が得られる(図20(C))。上記のドライエッチングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0132】(第4の実施形態) 次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図4に示される微細パターン形成装置11'の微細ノズル15を例として図21および図22を参照して説明する。

【0133】まず、第1の工程として、表面結晶方位<100>のシリコン基板12'の表面を洗浄し、このシリコン基板12'の全面に厚み200~3000Å程度の珪素窒化物(Si₃N₄)層61'を形成する。

【0134】次に、シリコン基板12'の表面12' A側の珪素窒化物層61'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層61'をRIE(Reactive Ion Etching(プロセスガス:CF₄またはSF₆))によりエッチングして、テーパ用開口61' aをもつパターンを形成する(図21(A))。珪素窒化物層61'の形成は、上述の珪素窒化物層51と同様に行うことができる。この珪素窒化物層61'のテーパ用開口61' aの大きさ、形状は、後述するテーパ形状の凹部13' aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパ用開口を10~200μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

【0135】次に、第2の工程として、珪素窒化物層61'をマスクとして、シリコン基板12'に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパ用開口61' aに露出している

シリコン基板12'が、結晶方位<111>面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパ開口の頂点が閉じるまで(逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで)行うことが好ましい。これにより、シリコン基板12'の表面12' A側にテーパ形状の凹部13' aが形成される(図21(B))。

【0136】次に、第3の工程として、テーパ形状の凹部13' aが形成されていないシリコン基板12'の裏面12' B側の珪素窒化物層61'に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成する。次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層61'をRIE(Reactive Ion Etching(プロセスガス:CF₄またはSF₆))によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口61' bをもつパターンを形成する(図21(C))。この小開口61' bは、その開口中心がシリコン基板12'を介して上記のテーパ形状凹部13' aの中心(頂点)とほぼ一致するように形成する。また、小開口61' bの大きさは、後述するノズル基部の大きさ(外径)を決定するものであり、通常、開口径を3~120μmの範囲内で設定することができる。

【0137】次に、第4の工程として、シリコン基板12'の表面12' A側および裏面12' B側に金属薄膜62'を形成する。次いで、テーパ形状凹部13' aが形成されていないシリコン基板12'の裏面12' B側の金属薄膜62'をパターニングして微細開口62' aを形成する(図20(D))。この微細開口62' aは、上記の珪素窒化物層61'のパターンの小開口61' b内、好ましくは中心部に位置する。この微細開口62' aの大きさは、後述する微細孔13および微細ノズルの大きさを決定するものであり、通常、開口径を1~100μmの範囲内で設定することができる。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0138】次に、第5の工程として、金属薄膜62'をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板12'に裏面12' B側から貫通微細孔13を穿設する(図22(A))。この貫通微細孔13の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔13がテーパ形状凹部13' a内まで貫通したところで、シリコン基板12'の表面12' A

側に形成した金属薄膜6 2' (テーパ形状凹部1 3' a内の金属薄膜6 2') がストップング層として作用するので、微細孔1 3の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔1 3の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0139】次に、第6の工程として、上記の金属パターン6 2' を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、テーパ形状凹部1 3' aの壁面に珪素酸化物層1 4を、貫通微細孔1 3の壁面に珪素酸化物層1 4 (珪素酸化物内面層1 5 b) を、珪素窒化物層6 1の小開口6 1 a内に露出しているシリコン基板1 2に珪素酸化物層1 4 (珪素酸化物端面層1 5 c) を、それぞれ厚み5 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å程度で形成する(図2 2 (B))。

【0140】次に、第7の工程として、珪素窒化物層6 1' を除去し(図2 2 (C))、テーパ形状凹部1 3' aが形成されていないシリコン基板1 2' の裏面1 2' B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層1 4 (珪素酸化物端面層1 5 c) がマスクとなってシリコン基板1 2' の一部がエッチングされ、ノズル基部1 5 aがシリコン基板1 2' と一体的に形成される。このノズル基部1 5 aが所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板1 2' のエッチング側に突出した微細ノズル1 5が得られる(図2 2 (D))。上記のノズル基部1 5 aの肉厚は、上記の小開口6 1' bと微細開口6 2' aとの半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第7の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層6 1' を除去することなく行ってもよい。

【0141】上記のドライエッチングは、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0142】(第5の実施形態) 本発明の微細ノズルの製造方法を、図5に示される微細パターン形成装置1"の微細ノズル5を例として図2 3を参照して説明する。

【0143】まず、第1の工程として、表面を洗浄したシリコン基板2の全面に厚み2 0 0 ~ 3 0 0 0 Å程度の珪素窒化物(Si_3N_4)層5 1"を形成する。次に、両面の珪素窒化物層5 1"上に金属薄膜5 2"を形成し、シリコン基板2"の表面2" A側の金属薄膜5 2"をパターンニングして広幅開口5 2" aをもつ金属パターンを形成し、シリコン基板2"の裏面2" B側の金属薄膜5 2"をパターンニングして微細開口5 2" bをもつ金属パターンを形成する(図2 3 (A))。広幅開口5 2" aの開口中心は、シリコン基板2"を介して微細開口5 2" bの開口中心とほぼ一致するように設定する。

【0144】上記の広幅開口5 1" aの大きさ、形状

は、後述する多段形状をなす広幅凹部3" aの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を5 ~ 2 0 0 μm の範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口5 2" bの大きさは、後述する微細孔3および微細ノズル5の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1 ~ 1 0 0 μm の範囲内で設定することが好ましい。

【0145】珪素窒化物層5 1"の形成は、上述の珪素窒化物層5 1と同様に行うことができる。また、使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1 0 0 0 ~ 2 0 0 0 Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0146】次に、第2の工程として、微細開口5 2" bをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板2"の裏面2" B側から微細孔3を穿設する(図2 3 (B))。この微細孔3の穿設は、例えば、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔3の穿設は、シリコン基板2"を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔3の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板2"として、SOI (Silicon On Insulator) ウエハを使用することができる。SOI ウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストップング層としての作用をなすので、微細孔3の穿設における深さを制御が不要となる。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のSOI ウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

【0147】次に、第3の工程として、広幅開口5 2" aをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板2"の表面2" A側から広幅凹部3" aを穿設する(図2 3 (C))。この広幅凹部3" aの穿設は、例えば、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching) エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。広幅凹部3" aの穿設は、微細孔3の開口が広幅凹部3" a内に出現するまで行う。

【0148】次に、第4の工程として、上記の金属薄膜5 2"を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔3の壁面、および、広幅凹部3" aの壁面に厚み5 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0 Å程度の珪素酸化物層4を形成する(図2 3 (D))。

【0149】次に、第5の工程として、広幅凹部3" aが形成されていないシリコン基板2"の裏面2" B側か

らドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、珪素窒化物層51"が除去された後、シリコン基板2"の一部がエッチングされ、貫通微細孔3内壁に形成されている珪素酸化物層4が露出する。この珪素酸化物層4が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板2"のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル5が得られる(図23(E))。

【0150】上記のドライエッチングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0151】(第6の実施形態)次に、本発明の微細ノズルの製造方法を、図6に示される微細パターン形成装置11"の微細ノズル15を例として図24および図25を参照して説明する。

【0152】まず、第1の工程として、表面を洗浄したシリコン基板12"の全面に厚み200~3000Å程度の珪素窒化物(Si_3N_4)層61"を形成する。次に、シリコン基板12"の裏面12"B側の珪素窒化物層61"に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして珪素窒化物層61"をRIE(Reactive Ion Etching(プロセスガス: CF_4 または SF_6))によりエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、小開口61"aをもつパターンを形成する(図24(A))。珪素窒化物層61"の形成は、上述の珪素窒化物層51と同様に行うことができる。また、小開口61"aの大きさは、後述するノズル基部の大きさ(外径)を決定するものであり、通常、開口径を3~120 μm の範囲内で設定することができる。

【0153】次に、第2の工程として、上記の珪素窒化物層61"を覆うように両面に金属薄膜62"を形成する。次いで、シリコン基板12"の裏面12"B側の金属薄膜62"をエッチングでパターンニングして、微細開口62"aをもつ金属パターンを形成する。また、シリコン基板12"の表面12"A側の金属薄膜62"をエッチングでパターンニングして、広幅開口62"bをもつ金属パターンを形成する(図24(B))。微細開口62"aは、上記の珪素窒化物層61"のパターンの小開口61"a内、好ましくは中心部に位置し、広幅開口62"bの開口中心は、シリコン基板12"を介して微細開口62"aの開口中心とほぼ一致するように設定する。

【0154】上記の微細開口62"aの大きさは、後述する微細孔13および微細ノズル15の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1~100 μm の範囲内で設定することが好ましい。また、広幅開口61"bの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部1

3"aの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を5~200 μm の範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0155】次に、第3の工程として、微細開口62"aをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板12"の裏面12"B側から微細孔13を穿設する(図24(C))。この微細孔13の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔13の穿設は、シリコン基板12"を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔13の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板12"として、SOI(Silicon On Insulator)ウエハを使用することができる。SOIウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜がエッチングのストップ層としての作用をなす。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

【0156】次に、第4の工程として、広幅開口62"bをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板12"の表面12"A側から広幅凹部13"aを穿設する(図24(D))。この広幅凹部13"aの穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。広幅凹部13"aの穿設は、微細孔13の開口が広幅凹部13"a内に出現するまで行う。

【0157】次に、第5の工程として、上記の金属薄膜62"を除去し、熱酸化物で酸化することにより、広幅凹部13"aの壁面に珪素酸化物層14を、微細孔13の壁面に珪素酸化物層14(珪素酸化物内面層15b)を、珪素窒化物層61"の小開口61"a内に露出しているシリコン基板12"に珪素酸化物層14(珪素酸化物端面層15c)を、それぞれ厚み5000~10000Å程度で形成する(図25(A))。

【0158】次に、第6の工程として、珪素窒化物層61"を除去し(図25(B))、珪素窒化物層61"の小開口61"aが形成されていたシリコン基板12"の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、上記の珪素酸化物層14(珪素酸化物端面層15c)がマスクとなってシリコン基板12"の一部がエッ

チングされ、ノズル基部15aがシリコン基板12"と一体的に形成される。このノズル基部15aが所望の長さまで形成されたところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板12"のエッチング側に突出した微細ノズル15が得られる(図25(C))。上記のノズル基部15aの肉厚は、上記の小開口61" aと微細開口62" aとの半径の差となり、マスク設計により容易に肉厚を変更できる。尚、上記の第6の工程のドライエッチングは、珪素窒化物層61を除去することなく行ってもよい。上記のドライエッチングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0159】II-1 微細パターン形成装置

(第1の実施形態) 図26は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図であり、図27は図261に示される微細パターン形成装置の微細ノズルの先端近傍の部分拡大断面図である。図26および図27において、微細パターン形成装置101は、シリコン基板102と、このシリコン基板102の裏面102B側に突出した微細ノズル105と、この微細ノズル105の先端面105aと外側面105bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板102の裏面102Bに形成された補強層106と、支持部材107と、シリコン基板102と支持部材107との空隙部にインキを供給するインキ流路108と、このインキ流路108に接続されたインキ供給装置109とを備えている。

【0160】シリコン基板102は、表面102A側から裏面102B側に貫通する複数の微細孔103を備え、この微細孔103の表面102A側の開口部103aは、上記のシリコン基板102と支持部材107とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板102の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは200~500 μ m程度が好ましい。このようなシリコン基板102は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-6}/K$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0161】微細孔103は、その軸方向に垂直な横断面(シリコン基板102の表面102Aに平行な断面)形状が円形、その軸方向に沿った縦断面(シリコン基板102の表面102Aに垂直な断面)形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層104が設けられている。通常、この珪素酸化物層104の厚みは5000~10000 \AA 程度である。図示例では、シリコン基板102の厚み、微細孔103の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔103の開口径は1~100 μ m程度、微細孔103のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔103の形成数および形成ピッチは、微細

パターン形成装置101により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で4 μ m程度が好ましい。

【0162】微細孔103の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔103が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は5~500 μ mの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔103の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板102の裏面102B側が狭い台形(テーパ形状)であってもよい。

【0163】微細ノズル105は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔103の壁面に形成された珪素酸化物層104と一体的に形成され、微細孔103に連通している。この微細ノズル105の厚みは5000~10000 \AA の範囲、開口径は1~100 μ mの範囲、シリコン基板102の裏面102Bからの突出量は10~150 μ mの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル105を設けることにより、微細孔103から吐出されたインキがシリコン基板102の裏面102B側に付着することが防止される。

【0164】補強層106は、上述の微細ノズル105を補強して機械的強度を向上させるものである。この補強層106は、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層106は、微細ノズル105の先端面105aと外側面105bとを覆い、さらに、内側面105cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板102の裏面102Bに形成されている。この補強層106の厚みは上述の微細ノズル105の厚みの2倍以上、好ましくは5倍以上とすることができ、通常、1~5 μ mの範囲で厚みを適宜設定することができる。

【0165】また、微細ノズル105の内側面105cに形成される補強層106の厚みを変えることにより、微細ノズル105の実質的な開口径を調整することができる。このため、所定の開口径をもつ微細ノズル105を形成し、微細パターン形成装置の使用目的、使用するインキの特性等に応じて、微細ノズル105の内側面105cに形成する補強層106の厚みを制御して、所望の開口径をもつ微細ノズル105を形成することができる。

【0166】補強層106の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができ、これらの成膜法は回り込み量が多いので、立体構造を有する微細ノズル105の内側面105cへの形成に有利である。

【0167】尚、図示例では、補強層106は、シリコン基板102の裏面102Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層10

6を備えないものであってもよい。

【0168】支持部材107は、上述のシリコン基板102の表面102A側に配設され、シリコン基板102を保持するためのものである。図示例では、支持部材107はシリコン基板102と同じ平面形状の基部107aと、この基部107aの周縁に設けられたフランジ部107b、基部107aの中央に設けられた開口部107cからなり、フランジ部107bにてシリコン基板102の表面102A側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板102と支持部材107との間にインキが供給される空間が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材107をシリコン基板102に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

【0169】この支持部材107は、その線膨張係数がシリコン基板102の線膨張係数の $1/10$ 倍～ 10 倍の範囲内の材料、例えば、パイレックスガラス（商品名コーニング#7740、線膨張係数 $=3.5 \times 10^{-6}/K$ ）、SUS304（線膨張係数 $=17.3 \times 10^{-6}/K$ ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板102と支持部材107との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板102の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能となる。

【0170】インキ流路108は、上記の支持部材7の開口部107cに接続され、その他端はインキ供給装置109に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路108が1つ接続されているが、微細パターン形成装置101の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部107cを複数設け、各開口部107cにインキ流路108を接続してもよい。また、支持部材107やシリコン基板102を加工することにより、インキ流路を支持部材107および/またはシリコン基板102の内部に形成してもよい。

【0171】インキ供給装置109は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置101の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0172】このような本発明の微細パターン形成装置101は、補強層106により機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ微細ノズル105をシリコン基板102の裏面に複数備え、これらの微細ノズル105からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板102の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置109を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0173】上述の補強層106は、用いる材料により、使用するインキに対する濡れ性が良好となり、微細ノズル105から流出したインキがシリコン基板102の裏面102Bに濡れ広がり、安定したインキ吐出を妨げることがある。そこで、本発明の微細パターン形成装置は、少なくとも微細ノズル105の外側面105bに形成された補強層106と、シリコン基板102の裏面102Bとに、撥水性層を備えるものとすることができる。図27には、一点鎖線で撥水性層を示してある。撥水性層は、フルオロカーボンで形成されたものとするができる。フルオロカーボンとしては、炭素元素数とフッ素元素数の比率が $1:1 \sim 1:2$ の範囲であるようなものが好ましい。この撥水性層は、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、（熱）CVD法等を用いて形成することができ、厚みは $200 \sim 500 \text{ \AA}$ 程度とすることができる。

【0174】（第2の実施形態）図28は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図28において、微細パターン形成装置111は、シリコン基板112と、このシリコン基板112の表面112Aに形成されたテーパ形状の凹部113'aと、シリコン基板112の裏面112B側に突出した微細ノズル115と、この微細ノズル115の先端面115aと外側面115bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板112の裏面112Bに形成された補強層116と、支持部材117と、シリコン基板112と支持部材117との空隙部にインキを供給するインキ流路118と、このインキ流路118に接続されたインキ供給装置119とを備えている。

【0175】シリコン基板112は、表面112A側の複数のテーパ形状の凹部113'aの底部から裏面112B側に貫通する微細孔113を備え、この微細孔113の表面112A側の開口部113aはテーパ形状の凹部113'aに露出し、テーパ形状の凹部113'aは上記のシリコン基板112と支持部材117とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板112は、表面112Aと裏面112Bの結晶方位が $\langle 100 \rangle$ であるシリコンの単結晶であり、厚みは $200 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度が好ましい。このようなシリコン基板112は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-6}/K$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0176】テーパ形状の凹部113'aの壁面は、珪素酸化物層114が設けられており、通常、この珪素酸化物層114の厚みは $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$ 程度である。凹部113'aのテーパ形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは $5 \sim 150 \mu\text{m}$ 程度、最大開口径は $10 \sim 200 \mu\text{m}$ 程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパ形状が逆四角錐形状の場合、凹部113'aの壁面は、シリコン

基板112の表面112A(<100>面)に対して5°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板112の厚み、テーパ形状の凹部113' aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部113' aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置111により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔113とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 μm程度が好ましい。

【0177】微細孔113は、その軸方向に垂直な横断面(シリコン基板112の表面112Aに平行な断面)形状が円形、その軸方向に沿った縦断面(シリコン基板112の表面112Aに垂直な断面)形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部113' aの壁面から連続するように珪素酸化物層114が設けられている。通常、図示例では、微細孔113の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔113の開口径は1~100 μm程度、微細孔113のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔113の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置111により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 μm程度が好ましい。

【0178】微細孔113の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔113が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は5~500 μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔113の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板112の裏面112B側が狭い台形(例えば、上記のテーパ形状の凹部113' aのテーパ角度よりも開きの小さいテーパ形状)であってもよい。

【0179】微細ノズル115は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔113の壁面に形成された珪素酸化物層114と一体的に形成され、微細孔113に連通している。この微細ノズル115の厚みは5000~10000 Åの範囲、開口径は1~100 μmの範囲、シリコン基板112の裏面112Bからの突出量は10~150 μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル115を設けることにより、微細孔113から吐出されたインキがシリコン基板112の裏面112B側に付着することが防止される。

【0180】補強層116は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズル115を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層116も、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例

では、補強層116は、微細ノズル115の先端面115aと外側面115bとを覆い、さらに、内側面115cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板112の裏面112Bに形成されている。この補強層116の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができる。尚、補強層116はシリコン基板112の裏面112Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層116を備えないものであってもよい。

【0181】尚、支持部材117、インキ流路118、および、インキ供給装置119は、上述の微細パターン形成装置101の支持部材107、インキ流路108、および、インキ供給装置109と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0182】このような本発明の微細パターン形成装置111は、テーパ形状の凹部113' aを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板112の裏面の複数の微細ノズル115から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板112の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、補強層116により微細ノズル115の機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ。さらに、インキ供給装置119を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0183】尚、微細パターン形成装置111においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル115の外側面115bに形成された補強層116と、シリコン基板112の裏面112Bとに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

【0184】(第3の実施形態)図29は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図29において、微細パターン形成装置121は、シリコン基板122と、このシリコン基板122の表面122Aに形成された多段形状の凹部123' aと、シリコン基板122の裏面122B側に突出した微細ノズル125と、この微細ノズル125の先端面125aと外側面125bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板122の裏面122Bに形成された補強層126と、支持部材127と、シリコン基板122と支持部材127との空隙部にインキを供給するインキ流路128と、このインキ流路128に接続されたインキ供給装置129とを備えている。

【0185】シリコン基板122は、表面122A側の複数の多段形状の凹部123' aの底部から裏面122B側に貫通する微細孔123を備え、この微細孔123の表面122A側の開口部123aは凹部123' aに

露出し、この凹部123' aは上記のシリコン基板122と支持部材127とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔123は微細開口部である開口部123 aと、広幅開口部である凹部123' aとからなる2段の凹部開口を有することになる。

【0186】シリコン基板122の材質は、上述のシリコン基板102と同様とすることができ、厚みもシリコン基板102と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板122は、凹部123' aと微細孔123との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつSOI (Silicon On Insulator) ウエハであってもよい。

【0187】凹部123' aの壁面は、珪素酸化物層124が設けられており、通常、この珪素酸化物層124の厚みは5000~10000 Å程度である。凹部123' aの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは1~150 μm程度、開口径は5~200 μm程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板122の厚み、凹部123' aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部123' aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置121により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔123とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 μm程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部123 aと、広幅開口部である凹部123' aとからなる2段の開口部であるが、3段以上の開口部であってもよい。行ってもよい。

【0188】微細孔123は、その軸方向に垂直な横断面(シリコン基板122の表面122 Aに平行な断面)形状が円形、その軸方向に沿った縦断面(シリコン基板122の表面122 Aに垂直な断面)形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部123' aの壁面から連続するように珪素酸化物層124が設けられている。通常、図示例では、微細孔123の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔123の開口径は1~100 μm程度、微細孔123のアスペクト比は1~100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔123の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置121により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で10 μm程度が好ましい。

【0189】微細孔123の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔123が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は5~500 μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔

123の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板122の裏面122 B側が狭い台形(テーパ形状)であってもよい。

【0190】微細ノズル125は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔123の壁面に形成された珪素酸化物層124と一体的に形成され、微細孔123に連通している。この微細ノズル125の厚みは5000~10000 Åの範囲、開口径は1~100 μmの範囲、シリコン基板122の裏面122 Bからの突出量は10~150 μmの範囲で適宜設定することができる。このような微細ノズル125を設けることにより、微細孔123から吐出されたインキがシリコン基板122の裏面122 B側に付着することが防止される。

【0191】補強層126は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズル125を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層126も、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層126は、微細ノズル125の先端面125 aと外側面125 bとを覆い、さらに、内側面125 cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板122の裏面122 Bに形成されている。この補強層126の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができる。尚、補強層126はシリコン基板122の裏面122 Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層126を備えないものであってもよい。

【0192】尚、支持部材127、インキ流路128、および、インキ供給装置129は、上述の微細パターン形成装置101の支持部材107、インキ流路108、および、インキ供給装置109と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0193】このような本発明の微細パターン形成装置121は、多段形状の凹部123' aを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板122の裏面の複数の微細ノズル125から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板122の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、補強層126により微細ノズル125の機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ。また、インキ供給装置129を制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【0194】尚、微細パターン形成装置121においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル125の外側面125 bに形成された補強層126と、シリコン基板122の裏面122 Bとに設ける

ことができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。

【0195】（第4の実施形態）図30は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図31は図30に示される微細パターン形成装置の底面図である。図30および図31において、微細パターン形成装置131は、連続した3つの装置部131a、131b、131cからなり、共通のシリコン基板132と、このシリコン基板132の裏面132Bから突出している複数の微細ノズル135と、この微細ノズル135の先端面135aと外側面135bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板132の裏面132Bに形成された補強層136と、シリコン基板132の表面132A側に配設された3つの支持部材137と、シリコン基板132と各支持部材137との空隙部にインキを供給する3つのインキ流路138と、これらのインキ流路138に接続されたインキ供給装置139a、139b、139cとを備えている。

【0196】シリコン基板132は、各装置部131a、131b、131cごとに、表面132A側から裏面132B側に貫通する複数の微細孔133を備え、この微細孔133の表面132A側の開口部133aは、シリコン基板132と各支持部材137とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板132の材質は上述のシリコン基板102と同様とすることができ、厚みもシリコン基板102と同様の範囲で設定することができる。

【0197】微細孔133は、各装置部131a、131b、131cごとに所定方向（図31の矢印A方向）に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。後述する微細ノズル135の開口部135dも同様に配置されている。すなわち、装置部131aでは、矢印A方向に沿って配置された微細孔133の列がピッチP1で複数列形成され、同様に、装置部131b、装置部131cでも、微細孔133の列がピッチP1で複数列形成されている。そして、各装置部131a、131b、131cにおける微細孔133の列は、相互にピッチP2（ $P1=3 \times P2$ ）で位置がずれているので、微細パターン形成装置131全体としては、ピッチP2で各装置部131a、131b、131cの微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔133の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔103と同様にして適宜設定できる。また、微細孔133の壁面に形成されている珪素酸化物層134も、上述の珪素酸化物層104と同様とすることができる。尚、図示例では、シリコン基板132の厚み、珪素酸化物層134を備えた微細孔133の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

【0198】微細ノズル135は、上述の微細ノズル1

05と同様の構成であり、上記の微細孔133の壁面に形成された珪素酸化物層134と一体的に形成され、微細孔133に連通している。このような微細ノズル135において、その厚み、開口径、突出量は、上述の微細ノズル105と同様の範囲で設定することができる。このような微細ノズル135を設けることにより、微細孔133から吐出されたインキがシリコン基板132の裏面132B側に付着することが防止される。

【0199】補強層136は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズル135を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層136も、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層136は、微細ノズル135の先端面135aと外側面135bとを覆い、さらに、内側面135cの先端面近傍に形成され、また、シリコン基板132の裏面132Bに形成されている。この補強層136の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができる。尚、補強層136はシリコン基板132の裏面132Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層136を備えないものであってもよい。

【0200】支持部材137は、上述のシリコン基板132の表面132A側に配設され、シリコン基板132を保持するためのものである。図示例では、支持部材137は、上述の支持部材107と同様に、シリコン基板132と同じ平面形状の基部137aと、この基部137aの周縁に設けられたフランジ部137b、基部137aの中央に設けられた開口部137cからなり、フランジ部137bにてシリコン基板132の表面132A側に固着されている。これにより、シリコン基板132と各支持部材137との間にインキが供給される空隙が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材137をシリコン基板132に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材137の材質は、上述の支持部材107と同様に、その線膨張係数がシリコン基板132の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0201】インキ流路138は、上記の各支持部材137の開口部137cに接続され、他端はインキ供給装置139a、139b、139cに接続されている。インキ供給装置139a、139b、139cは、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置131の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材137に設けられているインキ流路138は1つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、1つの支持部材137に複数の開口部137cを設け、各開口部137cにインキ流路138を接

続してもよい。また、インキ流路を支持部材137の内部に形成してもよい。

【0202】このような本発明の微細パターン形成装置131は、微細ノズル135が補強層136により機械的強度が高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもち、これらの複数の微細ノズル135からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板132の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置139a、139b、139cから別種のインキを供給することにより、各装置部131a、131b、131cごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができる。また、インキ供給装置139a、139b、139cを制御してインキ供給量を変えることによって、インキ吐出量を任意に設定することが可能である。そして、微細パターン形成装置131は、各装置部131a、131b、131cが一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。

【0203】尚、微細パターン形成装置131においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル135の外側面135bに形成された補強層136と、シリコン基板132の裏面132Bとに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。また、微細パターン形成装置131においても、微細孔133の表面132A側の開口部133aを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル135から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0204】（第5の実施形態）図32は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図32（A）は概略断面図、図32（B）は底面図である。図32において、微細パターン形成装置141は、シリコン基板142と、このシリコン基板142の裏面142Bから突出している複数の微細ノズル145と、この微細ノズル145の先端面145aと外側面145bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板142の裏面142Bに形成された補強層146と、シリコン基板142の表面142A側に配設された支持部材147と、シリコン基板142および支持部材147内に形成された3種のインキ流路148a、148b、148cと、各インキ流路に接続されたインキ供給装置149a、149b、149cとを備えている。

【0205】シリコン基板142は表面142A側から裏面142B側に貫通する複数の微細孔143を備え、この微細孔143の表面142A側の開口部143aは、表面142A側に溝状に形成された3種のインキ流路148a、148b、148c内のいずれかに露出し

ている。シリコン基板142の材質は上述のシリコン基板102と同様とすることができ、厚みもシリコン基板102と同様の範囲で設定することができる。

【0206】微細孔143（後述する微細ノズル145の開口部145d）は所定方向（図32（B）の矢印a方向）に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチPで複数形成されている。図示例では、矢印a方向に沿って複数の微細孔が配列された6本の微細孔列143A、143B、143C、143D、143E、143FがピッチPで形成されている。このような微細孔143の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔103と同様にして適宜設定できる。また、微細孔143の壁面に形成されている珪素酸化物層144も、上述の珪素酸化物層104と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層144を備えた微細孔143の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

【0207】微細ノズル145は、上述の微細ノズル105と同様の構成であり、上記の微細孔143の壁面に形成された珪素酸化物層144と一体的に形成され、微細孔143に連通している。このような微細ノズル145において、その厚み、開口径、突出量は、上述の微細ノズル105と同様の範囲で設定することができる。このような微細ノズル145を設けることにより、微細孔143から吐出されたインキがシリコン基板142の裏面142B側に付着することが防止される。

【0208】補強層146は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズル145を補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層146も、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。図示例では、補強層146は、微細ノズル145の先端面145aと外側面145bとを覆い、さらに、内側面145cの先端面近傍に形成されている。また、補強層146は、シリコン基板142の裏面142Bに形成されている。この補強層146の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができ、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて形成することができる。尚、補強層146は、シリコン基板142の裏面142Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層146を備えないものであってもよい。

【0209】支持部材147は、上述のシリコン基板142の表面142A側に配設されてシリコン基板142を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材147のシリコン基板142側にはインキ流路148cが溝状に形成されている。

【0210】図33は、図32（A）に示されるシリコン基板142のA-A線矢視における横断面図、図34は図32（A）に示される支持部材147のB-B線矢

視における横断面図である。図32(A)および図33に示されるように、シリコン基板142には、微細孔列143A、143Dの各開口部とインキ供給装置149aとを接続するように形成された溝状のインキ流路148a、および、微細孔列143B、143Eの各開口部とインキ供給装置149bとを接続するように形成された溝状のインキ流路148bとが形成されている。また、微細孔列143C、143Fの各開口部上にインキ流路148cが溝状に形成されている。さらに、図32

(A)および図34に示されるように、支持部材147には、微細孔列143C、143Fの各開口部とインキ供給装置149cとを接続するように形成された溝状のインキ流路148cが形成されている。

【0211】このような支持部材147とシリコン基板142との間に形成される3種のインキ流路148a、148b、148cは、図35に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材147の材質は、上述の支持部材107と同様に、その線膨張係数がシリコン基板142の線膨張係数の1/10倍〜10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0212】上述の各インキ流路148a、148b、148cの端部はインキ供給装置149a、149b、149cに接続されている。インキ供給装置149a、149b、149cには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置141の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0213】このような本発明の微細パターン形成装置141は、補強層146により機械的強度が向上して外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもつ微細ノズル145をシリコン基板142の裏面に複数備え、これらの微細ノズル145からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板142の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ供給装置149a、149b、149cから別種のインキを供給することにより、各インキ流路148a、148b、148cに対応してグループ分け（微細孔列143Aと143Dのグループ、微細孔列143Bと143Eのグループ、微細孔列143Cと143Fのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述するストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、微細パターン形成装置141は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。そして、インキ供給装置149a、149b、149cを制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することが可能である。

【0214】尚、微細パターン形成装置141においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズル145の外側面145bに形成された補強層1

46と、シリコン基板142の裏面142Bとに設けることができる。また、この撥水性層は、上述のように、フルオロカーボン等で形成することができる。また、微細パターン形成装置141においても、微細孔143の表面142A側の開口部143aを、上述のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズル145から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0215】（第6の実施形態）図36は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図36において、微細パターン形成装置151は、シリコン基板152と、このシリコン基板152の裏面から突出している複数の微細ノズルと、この微細ノズルの先端面と外側面とを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板152の裏面に形成された補強層と、シリコン基板152と支持部材との空隙部にインキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図36では、シリコン基板152のみを示し、微細ノズル、補強層、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

【0216】シリコン基板152は表面152A側から裏面側に貫通する複数の微細孔153を備え、この微細孔153が1つのパターンPをなすような位置に形成され、かつ、複数（図示例では10個）のパターンPがシリコン基板152に設けられている。尚、微細孔153は1つのパターンPにおいてのみ示し、他のパターンPはその輪郭のみを鎖線で示してある。

【0217】シリコン基板152の材質は上述のシリコン基板102と同様とすることができ、厚みもシリコン基板2と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔153の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔103と同様にして適宜設定できる。また、微細孔153は壁面に珪素酸化物層を備え、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層104と同様とすることができる。

【0218】このようなシリコン基板152に裏面側には、微細孔153に連通するように複数の微細ノズルが突出している。この微細ノズルは、上述の微細ノズル105と同様とすることができる。

【0219】また、補強層は、微細ノズルの先端面と外側面とを少なくとも覆うように形成され、また、シリコン基板152の裏面に形成されてもよい。この補強層は、上述の補強層106と同様の構成であり、微細ノズルを補強して機械的強度を向上させるものである。したがって、この補強層も、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。この補強層の厚みは、上述の補強層106と同様とすることができ、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いて形成することができる。

【0220】また、シリコン基板152は、上述の支持部材107のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図36に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

【0221】このような微細パターン形成装置151は、微細ノズルが補強層により機械的強度の高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し充分な耐久性をもち、シリコン基板152の微細孔153（微細ノズル）からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。そして、隣接する微細ノズルから吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量でシリコン基板152の微細ノズルからインキを吐出させて直接描画することにより、パターンPに対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

【0222】上記の例では、複数のパターンPが全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。

【0223】尚、微細パターン形成装置151においても、上述の実施形態と同様に、撥水性層を少なくとも微細ノズルの外側面に形成された補強層と、シリコン基板152の裏面とに設けることができる。また、微細パターン形成装置151においても、微細孔153のシリコン基板表面側の開口部を、上述の実施形態のようなテーパー形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0224】上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に応用できる。

【0225】II-2 微細パターン形成装置の製造例
次に、本発明の微細パターン形成装置の製造例を、図26に示される微細パターン形成装置101を例として図37および図38を参照して説明する。

【0226】まず、表面を洗浄したシリコン基板102を熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み1~2 μ m程度の珪素酸化膜102'を形成する（図37（A））。尚、珪素酸化膜102'の形成は、ウェット酸化法により行ってもよい。

【0227】次に、シリコン基板102の一方の面に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成す

る（図37（B））。次いで、このレジストパターンRをマスクとし、例えばBHF16（一水素二フッ化アンモニウム22%水溶液）を用いて珪素酸化膜102'をパターニングする（図37（C））。このパターニングは、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチング（プロセスガス：CHF₃）により行うことも可能である。このようなパターニングでは、レジストパターンRが設けられていない部位の珪素酸化膜102'は除去される。

【0228】次に、パターニングされた珪素酸化膜102'をマスクとして、シリコン基板102に所望の深さで微細孔103を穿設する（図37（D））。この微細孔103の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング、ウェットエッチング、Deep RIEエッチング等の高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔103の穿設は、シリコン基板102を貫通しない所定の深さまで行う。

【0229】次に、レジストパターンRと珪素酸化膜102'を除去し、その後、再度、熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層104を形成する（図37（E））。

【0230】次に、支持部材7のフランジ部107bをシリコン基板102の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図38（A））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。尚、支持部材107を固着する前に、シリコン基板102の表面102AのみをBHF16に浸漬して珪素酸化物層4を除去してもよい。この場合、微細孔103内の珪素酸化物層104を除去しないようにすることが重要である。

【0231】次いで、シリコン基板102の外側側のみをBHF16に浸漬して、この部位の珪素酸化物層104を除去してシリコン基板102の裏面を露出させ、その後、TMAH（水酸化テトラメチルアンモニウム）によりシリコン基板102の裏面側からエッチングを行う（図38（B））。このエッチングでは、微細孔103内壁に形成されている珪素酸化物層104がTMAHに対して耐性をもつので、珪素酸化物層104からなる微細管がシリコン基板102側に突出することになる。

【0232】次いで、この珪素酸化物層104からなる微細管の先端をBHF16により溶解除去して開口させ、その後、再びTMAHによりシリコン基板102の裏面側をエッチングする。そして、所定の長さの珪素酸化物層104からなる微細ノズル105が形成されたところでTMAHによるエッチングを終了する（図38（C））。

【0233】次いで、補強層106を微細ノズル105の先端面105aと外側面105bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板102の裏面102Bに形成

する(図38(D))。補強層106の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。特に、プラズマCVD法は回り込み量が大きいので、微細ノズル105の内側面105cへの形成に有利である。その後、支持部材107の開口部107cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図26に示されるような本発明の微細パターン形成装置101を作製することができる。

【0234】尚、上記のシリコン基板102の裏面側のエッチングは、TMAHを用いる他に、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライプロセスでも可能である。また、上記の例では、珪素酸化膜102'を形成しているが、珪素酸化膜の代わりにアルミニウム薄膜をスパッタリング法等で形成しても、同様に微細パターン形成装置を作製することができる。この場合、上記のパターニング工程(図37(C))では、アルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0235】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図26に示される微細パターン形成装置101を例として図39および図40を参照して説明する。まず、表面を洗浄したシリコン基板102の全面に厚み200~3000Å程度の珪素窒化物(Si_3N_4)層102'を形成する(図39(A))。珪素窒化物層102'の形成は、低圧CVD法等により行うことができる。

【0236】次に、一方の面の珪素窒化物層102'上に金属薄膜を形成し、この金属薄膜上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成し、次いで、このレジストパターンをマスクとして金属薄膜をエッチングし、その後、上記のレジストパターンを除去して、微細開口部をもつ金属パターン102''を形成する(図39(B))。この金属パターン102''の微細開口部の大きさは、微細孔103および微細ノズル105の開口径を決定するものであり、通常、微細開口部を1~100μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000~2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0237】次に、金属パターン102''をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板102に貫通微細孔103を穿設する(図39(C))。この貫通微細孔103の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deep RIEエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができ

る。この方法では、微細孔103の穿設の深さを制御する必要がないため、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことにより、貫通微細孔103の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0238】次に、上記の金属パターン102''を除去し、熱酸化物で酸化することにより、貫通微細孔103の壁面に厚み5000~10000Å程度の珪素酸化物層104を形成する(図39(D))。

【0239】次に、珪素窒化物層102'を除去した後に、シリコン基板102の一方の面からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板102の一部がエッチングされ、貫通微細孔103内壁に形成されている珪素酸化物層104が露出する。この珪素酸化物層104が所望の長さまで露出してところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板102のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル105が得られる(図40(A))。

【0240】上記のドライエッチングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)により行うことが好ましいが、これに限定されるものではない。また、上記のドライエッチングを行うシリコン基板102の面として、上述の金属パターン102''が形成されていた面を選択することが好ましい。これは、上記のディープエッチングで、エッチングエンド(図の下方側)の形状は多少バラツキが生じ易いが、金属パターン102''が形成されている面側のエッチング精度は極めて高く、この部位を微細ノズル105の先端側に利用することにより、開口径が均一な複数の微細ノズル105を得ることがより容易となる。

【0241】次に、支持部材107のフランジ部107bをシリコン基板102の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固着する(図40(B))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

【0242】次いで、補強層106を微細ノズル105の先端面105aと外側面105bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板102の裏面102Bに形成する(図40(C))。補強層106の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいので、微細ノズル105の内側面105cへの形成に有利である。その後、支持部材107の開口部107cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図26に示されるような本発明の微細パターン形成装置101を作製することができる。

【0243】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図28に示される微細パターン形成装置111を例として図41乃至図43を参照して説明する。まず、表面結晶方位<100>のシリコン基板112の表面を

洗浄し、このシリコン基板112の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物(Si₃N₄)層112'を形成する。

【0244】次に、シリコン基板112の表面112A側の珪素窒化物層112'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層112'をRIE(Reactive Ion Etching(プロセスガス:CF₄またはSF₆))によりエッチングして、テーパ用開口112'aをもつパターンを形成する(図41

(A))。珪素窒化物層112'の形成は、低圧CVD法等により行うことができる。この珪素窒化物層112'のテーパ用開口112'aの大きさ、形状は、後述するテーパ形状の凹部113'aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパ用開口を10～200μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

【0245】次に、珪素窒化物層112'をマスクとして、シリコン基板112に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパ用開口112'aに露出しているシリコン基板112が、結晶方位<111>面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパ開口の頂点が閉じるまで(逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで)行うことが好ましい。これにより、シリコン基板112の表面112A側にテーパ形状の凹部113'aが形成される(図41(B))。

【0246】次に、レジストパターンRを除去し、シリコン基板112の表面112A側および裏面112B側に金属薄膜112''を形成する。次いで、テーパ状凹部113'aが形成されていないシリコン基板112の裏面112B側の金属薄膜112''をパターニングして微細開口112''aを形成する(図41(C))。この微細開口112''aは、その開口中心がシリコン基板112を介して上記のテーパ状凹部113'aの中心(頂点)とほぼ一致するように形成する。また、微細開口112''aの大きさは、後述する微細孔113および微細ノズル115の開口径を決定するものであり、通常、微細開口112''aを1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0247】次に、金属薄膜112''をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板112に裏面112B側から貫通微細孔113を穿設する(図42

(A))。この貫通微細孔113の穿設は、例えば、I

CP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔113がテーパ形状凹部113'a内まで貫通したところで、シリコン基板112の表面112A側に形成した金属薄膜112''(テーパ形状凹部113'a内の金属薄膜112'')がストッピング層として作用するので、微細孔113の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことによって、貫通微細孔113の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0248】次に、上記の金属薄膜112''を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔113の壁面、および、テーパ形状凹部113'aの壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層114を形成する(図42(B))。

【0249】次に、珪素窒化物層112'を除去し、テーパ形状凹部113'aが形成されていないシリコン基板112の裏面112B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板112の一部がエッチングされ、貫通微細孔113内壁に形成されている珪素酸化物層114が露出する。この珪素酸化物層114が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板112のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル115が得られる(図42(C))。上記のドライエッチングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0250】次に、支持部材117のフランジ部117bをシリコン基板112の表面側(テーパ形状凹部形成側)の周辺部に固着する(図43(A))。この固着は、例えば、陽極接着、エボキシ系接着剤等により行うことができる。

【0251】次いで、補強層116を微細ノズル115の先端面115aと外側面115bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板112の裏面112Bに形成する(図43(B))。補強層116の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が多いので、微細ノズル115の内側面115cへの形成に有利である。その後、支持部材117の開口部117cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図28に示されるような本発明の微細パターン形成装置111を作製することができる。

【0252】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図29に示される微細パターン形成装置121を例として図44および図45を参照して説明する。ま

ず、表面を洗浄したシリコン基板122の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物(Si₃N₄)層122'を形成する。次に、両面の珪素窒化物層122'上に金属薄膜122''を形成し、シリコン基板122の表面122A側の金属薄膜122''をパターンニングして広幅開口122''aをもつ金属パターンを形成し、シリコン基板122の裏面122B側の金属薄膜122''をパターンニングして微細開口122''bをもつ金属パターンを形成する(図44(A))。広幅開口122''aの開口中心は、シリコン基板122を介して微細開口122''bの開口中心とほぼ一致するように設定する。

【0253】上記の広幅開口122''aの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部123'aの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を5～200μmの範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口122''bの大きさは、後述する微細孔123および微細ノズル125の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。

【0254】珪素窒化物層122'の形成は、上述の珪素窒化物層112'と同様に行うことができる。また、使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)を用いることができる。

【0255】次に、微細開口122''bをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板122の裏面122B側から微細孔123を穿設する(図44(B))。この微細孔123の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔123の穿設は、シリコン基板122を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔123の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板122として、SOI(Silicon On Insulator)ウエハを使用することができる。SOIウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストッピング層としての作用をなすので、微細孔123の穿設における深さを制御が不要となる。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

【0256】次に、広幅開口122''aをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板122の表面122A側から広幅凹部123'aを

穿設する(図44(C))。この広幅凹部123'aの穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。広幅凹部123'aの穿設は、微細孔123の開口が広幅凹部123'a内に出現するまで行う。

【0257】次に、上記の金属薄膜122''を除去し、熱酸化物で酸化することにより、微細孔123の壁面、および、広幅凹部123'aの壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層4を形成する(図44(D))。

【0258】次に、珪素窒化物層122'を除去し、広幅凹部123'が形成されていないシリコン基板122の裏面122B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板122の一部がエッチングされ、貫通微細孔123内壁に形成されている珪素酸化物層124が露出する。この珪素酸化物層124が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板122のエッチング側に突出した珪素酸化物からなる微細ノズル125が得られる(図45(A))。上記のドライエッチングは、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0259】次に、支持部材127のフランジ部127bをシリコン基板122の表面側(多段形状凹部の形成側)の周辺部に固着する(図45(B))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

【0260】次いで、補強層126を微細ノズル125の先端面125aと外側面125bとを少なくとも覆い、さらに、シリコン基板122の裏面122Bに形成する(図45(C))。補強層126の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができる。これらの成膜法は回り込み量が大きいので、微細ノズル125の内側面125cへの形成に有利である。その後、支持部材127の開口部127cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続することにより、図29に示されるような本発明の微細パターン形成装置121を作製することができる。

【0261】II-3 微細パターン形成

次に、上述の本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターンの形成について説明する。まず、図46は、上述の本発明の微細パターン形成装置131を用いた微細パターン形成の一例を説明する図である。図46において、本発明の微細パターン形成装置131のインキ供給装置139a、139b、139cから、それぞれインキA、インキB、インキCを各インキ流路138を介して供給しながら、パターン被形成体Sを微細パターン

形成装置131に対して所定方向（矢印A方向）に走査させる。この走査方向Aは、上記の微細パターン形成装置131における微細孔の配列方向A（図31参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置131のシリコン基板132とパターン被形成体Sとの間隙は、0.1～5mm程度の範囲で設定することができる。

【0262】これにより、シリコン基板132の微細ノズル135から吐出されたインキによって、パターン被形成体S上にインキA、インキB、インキCの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチはP2となる。このストライプ状パターンは、1本のストライプが同列上の複数の微細ノズルから吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細ノズルからの吐出量が少なくても、パターン被形成体Sの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔133や微細ノズル135の径の大きさをえて（微細ノズルの内側面に形成される補強層136の厚みを変える場合も含む）吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィ法に比べて工程が簡便である。

【0263】尚、パターン被形成体Sが可撓性を有する場合、パターン被形成体Sの裏面に、微細パターン形成装置131と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Sにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。

【0264】次に、図47は、本発明の微細パターン形成装置151を使用した微細パターン形成の一例を示す図である。図47において、微細パターン形成装置151（図示例では、シリコン基板152のみを示す）をパターン被形成体Sの所定位置に配置し、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔（微細ノズル）を介してパターン被形成体S上に吐出させることによりパターンを形成する。

【0265】その後、パターン被形成体Sを矢印A方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体S上には、所望のパターンPが形成できる。尚、微細パターン形成装置151のシリコン基板152とパターン被形成体Sとの間隙は、0.1～5mm程度の範囲で設定することができる。

【0266】また、微細パターン形成装置31における複数の微細孔（微細ノズル）から構成されるパターンPを、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィ法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。

【0267】III-1 微細パターン形成装置

（第1の実施形態）図48は本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。図48において、微細パターン形成装置201は、シリコン基板202と、このシリコン基板202の表面202A側に配設された主電極206、支持部材208と、シリコン基板202の裏面202B側に所定の間隔を設けて配置された対向電極207と、シリコン基板202と支持部材208との空隙部にインキを供給するインキ流路209と、このインキ流路209に接続されたインキ供給装置210とを備えている。

【0268】シリコン基板202は、表面202A側から裏面202B側に貫通する複数の微細孔203を備え、この微細孔203の表面202A側の開口部203aは、上記のシリコン基板202と支持部材208とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板202の材質はシリコンの単結晶が好ましく、厚みは200～500μm程度が好ましい。このようなシリコン基板202は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-6}/K$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0269】微細孔203は、その軸方向に垂直な横断面形状（シリコン基板202の表面202Aに平行な断面）が円形、その軸方向に沿った縦断面形状（シリコン基板202の表面202Aに垂直な断面）が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には珪素酸化物層204が設けられている。通常、この珪素酸化物層204の厚みは5000～10000Å程度である。図示例では、シリコン基板202の厚み、珪素酸化物層204を備えた微細孔203の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔203の開口径は1～100μm程度、微細孔203のアスペクト比は1～100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔203の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置201により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で2μm程度が好ましい。

【0270】微細孔203の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔203が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は5～500μmの範囲で適宜設定することができる。また、微細孔203の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板202の裏面202B側が狭い台形（テーパ形状）であってもよい。

【0271】図49は、シリコン基板202の表面202A側に配設された主電極206を説明するための支持部材208を取り除いた状態の平面図である。図49に示されるように、主電極206は、開口部206aを有

し、複数（図示例では５個）の微細孔２０３を囲むように配設されている。主電極２０６は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板２０２側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【０２７２】対向電極２０７は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極２０７は、電氣的に接地状態にあり、上記の主電極２０６に所定の電圧が印加されたときに主電極２０６との間で電界を生じさせる作用をなす。この対向電極２０７は、例えば、ドラム形状、平板形状等とすることができる。この場合、シリコン基板２０２と対向電極２０７との間隙部、あるいは、対向電極２０７上にパターン被形成体を位置させて、後述するように、直接描画によりパターン形成を行うことができる。また、パターン被形成体が導電性を有する場合には、パターン被形成体に対向電極を兼ねさせてもよく、より細いラインを描画するには、対向電極２０７を接地状態とすることが好ましい。上記の対向電極２０７とシリコン基板２０２との距離は５０～５００μm程度の範囲内で設定することができる。

【０２７３】このような対向電極２０７は、ＳＵＳ３０４、銅、アルミニウム等の導電性を有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

【０２７４】支持部材２０８は、上述のシリコン基板２０２の表面２０２Ａ側に配設され、シリコン基板２０２を保持するためのものである。図示例では、支持部材２０８はシリコン基板２０２と同じ平面形状の基部２０８ａと、この基部２０８ａの周縁に設けられたフランジ部２０８ｂ、基部２０８ａの中央に設けられた開口部２０８ｃからなり、フランジ部２０８ｂにてシリコン基板２０２の表面２０２Ａ側の周辺部と固着されている。これにより、シリコン基板２０２と支持部材２０８との間にインキが供給される空間（インキ供給空間）が形成されている。尚、図示していないが、耐熱ガラスを介して支持部材２０８をシリコン基板２０２に固着することにより、微細パターン形成装置の製造における後工程の作業性が向上する。

【０２７５】この支持部材２０８は、その線膨張係数がシリコン基板２０２の線膨張係数の１／１０倍～１０倍の範囲内の材料、例えば、バイレックスガラス（商品名コーニング＃７７４０、線膨張係数＝ $3.5 \times 10^{-6}/K$ ）、ＳＵＳ３０４（線膨張係数＝ $17.3 \times 10^{-6}/K$ ）等を用いることが好ましい。これにより、熱によるシリコン基板２０２と支持部材２０８との間に発生する歪が極めて小さいものとなり、シリコン基板２０２の平坦性が保たれ、位置精度の高いパターン形成が可能とな

る。

【０２７６】インキ流路２０９は、上記の支持部材２０８の開口部２０８ｃに接続され、その他端はインキ供給装置２１０に接続されている。図示例では、パイプ形状のインキ流路２０９が１つ接続されているが、微細パターン形成装置２０１の大きさ、インキ流圧の均一性等を考慮して、開口部２０８ｃを複数設け、各開口部２０８ｃにインキ流路２０９を接続してもよい。また、支持部材２０８やシリコン基板２０２を加工することにより、インキ流路を支持部材２０８および／またはシリコン基板２０２の内部に形成してもよい。

【０２７７】インキ供給装置２１０は特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれであってもよく、微細パターン形成装置２０１の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【０２７８】このような本発明の微細パターン形成装置２０１は、インキ吐出手段として、主電極２０６と対向電極間２０７との間に形成される電界と、インキ供給装置２１０からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板２０２の微細孔２０３からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。ここで、低圧力とは、５ｐｓｉ以下の圧力を意味する。以下、本発明の説明において同様である。

【０２７９】また、主電極２０６と対向電極２０７間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔２０３から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔２０３から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。さらに、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、また、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔２０３から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、直接描画によりパターン被形成体上に高精度のパターンを安定して形成することができる。

【０２８０】（第２の実施形態）図５０は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図５０に示されるように、微細パターン形成装置２１１は、基本構造は上記の微細パターン形成装置２０１と同じであり、シリコン基板２１２の裏面２１２Ｂ側の微細孔２１３の開口部２１３ｂにノズル２１５が突設されたものである。このノズル２１５は、珪素酸化物からなり、上記の珪素酸化物層２１４と一体的に形成され、突出量は１０～４００μmの範囲で適宜設定することができる。このようなノズル２１５を設けることにより、微細孔２１３から吐出されたインキがシリコン基板２１２の裏面２１２Ｂ側に付着することが防止される。

【０２８１】また、主電極２１６は、シリコン基板２１

2の裏面212B側に配設することもできる。図51は、シリコン基板212の裏面212B側に配設された枠形状の主電極を説明するための背面図である。図51に示されるように、主電極216は、複数のノズル215を囲むように設けられた開口部216aを有している。上記の主電極216と対向電極217との距離は50～500 μ m程度の範囲内で設定することができる。

【0282】このような本発明の微細パターン形成装置211では、インキ吐出手段として、主電極216と対向電極間217との間に形成される電界と、インキ供給装置220からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル215の破損が防止される。

【0283】また、上述の微細パターン形成装置211では、ノズル215の機械的強度を向上させるために、補強層を設けてもよい。図52は、微細パターン形成装置211に補強層を設けた例を示す概略断面図である。図52に示されるように、補強層215'は、ノズル215の先端面と外側面とを覆い、さらに、内側面の先端面近傍に形成され、また、シリコン基板212の裏面212Bに形成されている。この補強層215'の厚みは上述のノズル215の厚みの2倍以上、好ましくは5倍以上とすることができ、通常、1～5 μ mの範囲で厚みを適宜設定することができる。この補強層215'は、例えば、珪素酸化物、リン珪素ガラス等の材料により形成することができる。

【0284】また、ノズル215の内側面に形成される補強層215'の厚みを変えることにより、ノズル215の実質的な開口径を調整することができる。このため、所定の開口径をもつノズル215を形成し、微細パターン形成装置の使用目的、使用するインキの特性等に応じて、ノズル215の内側面に形成する補強層215'の厚みを制御して、所望の開口径をもつノズル215を形成することができる。

【0285】補強層215'の形成は、例えば、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、減圧CVD法等を用いることができ、これらの成膜法は回り込み量が大きいため、立体構造を有するノズル215の内側面への形成に有利である。尚、図示例では、補強層215'は、シリコン基板212の裏面212Bにも形成されているが、本発明の微細パターン形成装置は、この部位に補強層215'を備えないものであってもよい。

【0286】(第3の実施形態) 図53は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図53において、微細パターン形成装置221は、シリコン基板222と、このシリコン基板222の表面222Aに形成されたテーパ形状の凹部223'aと、シリコン基板222の裏面222B側に突出したノズル225と、シリコン基板222の表面222A側に

配設された主電極226、シリコン基板222の裏面222B側に所定の間隔を設けた配設された対向電極227と、支持部材228と、シリコン基板222と支持部材228との空隙部にインキを供給するインキ流路229と、このインキ流路229に接続されたインキ供給装置230とを備えている。

【0287】シリコン基板222は、表面222A側の複数のテーパ形状の凹部223'aの底部から裏面222B側に貫通する微細孔223を備え、この微細孔223の表面222A側の開口部223aはテーパ形状の凹部223'aに露出し、テーパ形状の凹部223'aは上記のシリコン基板222と支持部材228とにより形成されている空隙部に露出している。シリコン基板222は、表面222Aと裏面222Bの結晶方位が<100>であるシリコンの単結晶であり、厚みは200～500 μ m程度が好ましい。このようなシリコン基板222は、その線膨張係数が約 $2.6 \times 10^{-6}/K$ と低いため、温度による形状変化が極めて小さいものである。

【0288】テーパ形状の凹部223'aの壁面は、珪素酸化物層224が設けられており、通常、この珪素酸化物層224の厚みは5000～10000Å程度である。凹部223'aのテーパ形状は、逆円錐形状、逆四角錐形状等、いずれであってもよく、深さは5～150 μ m程度、最大開口径は10～200 μ m程度の範囲で設定することができる。例えば、テーパ形状が逆四角錐形状の場合、凹部223'aの壁面は、シリコン基板222の表面222A(<100>面)に対して55°をなすように形成することができる。図示例では、シリコン基板222の厚み、テーパ形状の凹部223'aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部223'aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置221により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔223とともに適宜設定することができ、形成ピッチは最小で15 μ m程度が好ましい。

【0289】微細孔223は、その軸方向に垂直な横断面(シリコン基板222の表面222Aに平行な断面)形状が円形、その軸方向に沿った縦断面(シリコン基板222の表面222Aに垂直な断面)形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部223'aの壁面から連続するように珪素酸化物層224が設けられている。通常、図示例では、微細孔223の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔223の開口径は1～100 μ m程度、微細孔223のアスペクト比は1～100程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔223の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置221により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することがで

き、形成ピッチは最小で $15\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

【0290】微細孔223の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔223が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は $5\sim 500\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔223の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板222の裏面222B側が狭い台形（例えば、上記のテーパ形状の凹部223' aのテーパ角度よりも開きの小さいテーパ形状）であってもよい。

【0291】ノズル225は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔223の壁面に形成された珪素酸化物層224と一体的に形成され、微細孔223に連通している。このノズル225の厚みは $5000\sim 10000\text{\AA}$ の範囲、開口径は $1\sim 100\mu\text{m}$ の範囲、シリコン基板222の裏面222Bからの突出量は $10\sim 150\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このようなノズル225を設けることにより、微細孔223から吐出されたインキがシリコン基板222の裏面222B側に付着することが防止される。

【0292】主電極226は、開口部を有し、複数（図示例では5個）のテーパ形状の凹部223' aを囲むように配設されている。主電極226は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板222側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【0293】対向電極227は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよく、対向電極227とシリコン基板222との距離は $50\sim 500\mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定することができる。このような対向電極227は、SUS304、銅、アルミニウム等の導電性を有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

【0294】また、主電極226は、シリコン基板222の裏面222B側に配設することもでき、この場合、主電極226と対向電極227との距離は $50\sim 500\mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定することができる。尚、支持部材228、インキ流路229、および、インキ供給装置230は、上述の微細パターン形成装置201の支持部材208、インキ流路209、および、インキ供給装置210と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0295】このような本発明の微細パターン形成装置221は、テーパ形状の凹部223' aを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板222の裏面の複数のノズル225から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板222の裏面へのインキ付着を防止することがで

きる。また、インキ吐出手段として、主電極226と対向電極間227との間に形成される電界と、インキ供給装置230からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル225の破損が防止される。尚、微細パターン形成装置221においても、ノズル225に補強層を形成してもよく、また、微細パターン形成装置201のように、ノズルが突出していないものとしてもよい。

【0296】（第4の実施形態）図54は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。図54において、微細パターン形成装置231は、シリコン基板232と、このシリコン基板232の表面232Aに形成された多段形状の凹部233' aと、シリコン基板232の裏面232B側に突出したノズル235と、シリコン基板232の表面232A側に配設された主電極236、シリコン基板232の裏面232B側に所定の間隔を設けた配設された対向電極237と、支持部材238と、シリコン基板232と支持部材238との空隙部にインキを供給するインキ流路239と、このインキ流路239に接続されたインキ供給装置240とを備えている。

【0297】シリコン基板232は、表面232A側の複数の多段形状の凹部233' aの底部から裏面232B側に貫通する微細孔233を備え、この微細孔233の表面232A側の開口部233aは凹部233' aに露出し、この凹部233' aは上記のシリコン基板232と支持部材238とにより形成されている空隙部に露出している。これにより、微細孔233は微細開口部である開口部233aと、広幅開口部である凹部233' aとからなる2段の凹部開口を有することになる。

【0298】シリコン基板232の材質は、上述のシリコン基板202と同様とすることができ、厚みもシリコン基板202と同様の範囲で設定することができる。また、シリコン基板232は、凹部233' aと微細孔233との境界部分に、表面と平行に酸化珪素薄膜をもつSOI（Silicon On Insulator）ウエハであってもよい。

【0299】凹部233' aの壁面は、珪素酸化物層234が設けられており、通常、この珪素酸化物層234の厚みは $5000\sim 10000\text{\AA}$ 程度である。凹部233' aの形状は、円柱形状、立方体形状、直方体形状等、いずれであってもよく、深さは $1\sim 150\mu\text{m}$ 程度、開口径は $5\sim 200\mu\text{m}$ 程度の範囲で設定することができる。図示例では、シリコン基板232の厚み、凹部233' aの形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、凹部233' aの形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置231により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて、微細孔233とともに適宜設定することができ、形成ピ

ッチは最小で $10\mu\text{m}$ 程度が好ましい。また、図示例では、上述のように、微細開口部である開口部233aと、広幅開口部である凹部233'aとからなる2段の開口部であるが、3段以上の開口部であってもよい。行ってもよい。

【0300】微細孔233は、その軸方向に垂直な横断面（シリコン基板232の表面232Aに平行な断面）形状が円形、その軸方向に沿った縦断面（シリコン基板232の表面232Aに垂直な断面）形状が長方形である円柱形状の空間からなるものであり、その壁面には、上記の凹部233'aの壁面から連続するように珪素酸化物層234が設けられている。通常、図示例では、微細孔233の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成を説明するために簡略化してあるが、微細孔233の開口径は $1\sim 100\mu\text{m}$ 程度、微細孔233のアスペクト比は $1\sim 100$ 程度の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔233の形成数および形成ピッチは、微細パターン形成装置231により形成するパターンの形状、形成方法等に応じて適宜設定することができ、形成ピッチは最小で $10\mu\text{m}$ 程度が好ましい。

【0301】微細孔233の横断面形状は、上記の円形の他に楕円形、多角形等、あるいは、特殊な形状であってもよい。また、微細孔233が、横断面形状が異なる2種以上の微細孔からなるものでもよい。横断面形状が楕円形、長方形の場合、長手方向の開口径は $5\sim 500\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。また、微細孔233の縦断面形状は、上記の長方形の他に、シリコン基板232の裏面232B側が狭い台形（テーパ形状）であってもよい。

【0302】ノズル235は、珪素酸化物からなり、上記の微細孔233の壁面に形成された珪素酸化物層234と一体的に形成され、微細孔233に連通している。このノズル235の厚みは $5000\sim 10000\text{\AA}$ の範囲、開口径は $1\sim 100\mu\text{m}$ の範囲、シリコン基板232の裏面232Bからの突出量は $10\sim 150\mu\text{m}$ の範囲で適宜設定することができる。このようなノズル235を設けることにより、微細孔233から吐出されたインキがシリコン基板232の裏面232B側に付着することが防止される。

【0303】主電極236は、開口部を有し、複数（図示例では5個）の多段形状の凹部233'aを囲むように配設されている。主電極236は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板232側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【0304】対向電極237は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよく、対向電極237とシリコン基板232との距離は $50\sim 500\mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定することができる。このような対向電極237は、SUS304、銅、アルミニウム等の導電性を

有する材料で形成されたものを用いることができる。また、ガラス、樹脂材料等の非導電性材料に導電性薄膜を形成して対向電極とすることもできる。

【0305】また、主電極236は、シリコン基板232の裏面232B側に配設することもでき、この場合、主電極236と対向電極237との距離は $50\sim 500\mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定することができる。尚、支持部材238、インキ流路239、および、インキ供給装置240は、上述の微細パターン形成装置201の支持部材208、インキ流路209、および、インキ供給装置210と同様であり、ここでの説明は省略する。

【0306】このような本発明の微細パターン形成装置231は、多段形状の凹部233'aを備えることによりインキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキをシリコン基板232の裏面の複数のノズル235から微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板232の裏面へのインキ付着を防止することができる。また、インキ吐出手段として、主電極236と対向電極間237との間に形成される電界と、インキ供給装置240からのインキ供給圧とを併用することにより、インキ供給圧力を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができるので、ノズル235の破損が防止される。尚、微細パターン形成装置231においても、ノズル235に補強層を形成してもよく、また、微細パターン形成装置201のように、ノズルが突出していないものとしてもよい。

【0307】（第5の実施形態）図55は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図であり、図56は図55に示される微細パターン形成装置の底面図である。図55および図56において、微細パターン形成装置241は、連続した3つの装置部241a、241b、241cからなり、共通のシリコン基板242と、このシリコン基板242の表面242A側に配設された3つの主電極246a、246b、246c、3つの支持部材248と、シリコン基板242の裏面242B側に所定の間隔を設けて配置された対向電極247と、シリコン基板242と各支持部材248との空隙部にインキを供給する3つのインキ流路249と、これらのインキ流路249に接続されたインキ供給装置250a、250b、250cとを備えている。

【0308】シリコン基板242は、各装置部241a、241b、241cごとに、表面242A側から裏面242B側に貫通する複数の微細孔243を備え、この微細孔243の表面242A側の開口部243aは、シリコン基板242と各支持部材248とにより形成されている各空隙部に露出している。シリコン基板242の材質は上述のシリコン基板202と同様とすることができ、厚みもシリコン基板202と同様の範囲で設定することができる。

【0309】微細孔243は、各装置部241a、24

1 b, 2 4 1 c ごとに所定の方向 (図 5 6 の矢印 A 方向) に沿って同列上に複数配置するようなパターンで形成されている。すなわち、装置部 2 4 1 a では、矢印 A 方向に沿って配置された微細孔 2 4 3 の列がピッチ P 1 で複数列形成され、同様に、装置部 2 4 1 b、装置部 2 4 1 c でも、微細孔 2 4 3 の列がピッチ P 1 で複数列形成されている。そして、各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c における微細孔 2 4 3 の列は、相互にピッチ P 2 ($P 1 = 3 \times P 2$) で位置がずれているので、微細パターン形成装置 2 4 1 全体としては、ピッチ P 2 で各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c の微細孔列が繰り返し配列されたものとなっている。このような微細孔 2 4 3 の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔 2 0 3 と同様にして適宜設定できる。また、微細孔 1 3 の壁面に形成されている珪素酸化物層 2 4 4 も、上述の珪素酸化物層 2 0 4 と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層 2 4 4 を備えた微細孔 2 4 3 の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易とするために簡略化してある。

【0310】主電極 2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 c は、各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c ごとに設けられており、各主電極は、上述の主電極 2 0 6 と同様に、複数 (図示例では 5 個) の微細孔 2 4 3 を囲むように配設されている。このような主電極 2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 c は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板 2 4 2 側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【0311】対向電極 2 4 7 は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極 2 4 7 は、電気的に接地状態にあり、上記の主電極 2 4 6 に所定の電圧が印加されたときに、微細孔 2 4 3 に電界を印加させる作用をなす。この対向電極 2 4 7 は、上述の微細パターン形成装置 2 0 1 の対向電極 2 0 7 と同様、必要に応じて種々の形状とすることができる。

【0312】支持部材 2 4 8 は、上述のシリコン基板 2 4 2 の表面 2 4 2 A 側に配設され、シリコン基板 2 4 2 を保持するためのものである。図示例では、支持部材 2 4 8 は、上述の支持部材 2 0 8 と同様に、シリコン基板 2 4 2 と同じ平面形状の基部 2 4 8 a と、この基部 2 4 8 a の周縁に設けられたフランジ部 2 4 8 b、基部 2 4 8 a の中央に設けられた開口部 2 4 8 c からなり、フランジ部 2 4 8 b にてシリコン基板 2 4 2 の表面 2 4 2 A 側に固着されている。これにより、シリコン基板 2 4 2 と各支持部材 2 4 8 との間にインキが供給される空間 (インキ供給空間) が形成されている。尚、図示してはいないが、耐熱ガラスを介して支持部材 2 4 8 をシリコン基板 2 4 2 に固着することにより、微細パターン形成

装置の製造における後工程の作業性が向上する。この支持部材 2 4 8 の材質は、上述の支持部材 2 0 8 と同様に、その線膨張係数がシリコン基板 2 4 2 の線膨張係数の $1/10$ 倍～ 10 倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0313】インキ流路 2 4 9 は、上記の各支持部材 2 4 8 の開口部 2 4 8 c に接続され、他端はインキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c に接続されている。インキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c は、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等、微細パターン形成装置 2 4 1 の使用目的に応じて適宜選択することができる。尚、図示例では、各支持部材 2 4 8 に設けられているインキ流路 2 4 9 は 1 つであるが、インキ流圧の均一性等を考慮して、1 つの支持部材 2 4 8 に複数の開口部 2 4 8 c を設け、各開口部 2 4 8 c にインキ流路 2 4 9 を接続してもよい。また、インキ流路を支持部材 2 4 8 の内部に形成してもよい。

【0314】このような本発明の微細パターン形成装置 2 4 1 は、インキ吐出手段として、主電極 2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 c と対向電極間 2 4 7 との間に形成される電界と、インキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板 2 4 2 の微細孔 2 4 3 からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。また、インキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c から別種のインキを供給することにより、各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述する本発明の形成方法によるストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、主電極 2 4 6 a, 2 4 6 b, 2 4 6 c と対向電極 2 4 7 間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔 2 4 3 から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔 2 4 3 から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、さらに、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔 2 4 3 から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。そして、微細パターン形成装置 2 4 1 は、各装置部 2 4 1 a, 2 4 1 b, 2 4 1 c が一体となっているので、複数の装置を接合する必要がなく、かつ、各装置の位置精度が極めて高いものとなる。さらに、インキ供給装置 2 5 0 a, 2 5 0 b, 2 5 0 c を制御して供給量を変えることによってインキ吐出量を任意に設定することが可能である。

【0315】尚、微細パターン形成装置 2 4 1 においても、図 5 0 に示されるようなノズルをシリコン基板 2 4 2 の裏面 2 4 2 B 側の微細孔 2 4 3 の開口部 2 4 3 b に

突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層215'のような補強層を形成してもよい。

【0316】また、微細パターン形成装置241においても、微細孔243の表面242A側の開口部243aを、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔243から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0317】（第6の実施形態）図57は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図57（A）は概略断面図、図57（B）は底面図である。図57において、微細パターン形成装置251は、シリコン基板252と、このシリコン基板252の表面252A側に配設された電氣的に独立した3種の主電極256a、256b、256cと、支持部材258と、シリコン基板252の裏面252B側に所定の間隔を設けて配置された対向電極257と、シリコン基板252および支持部材258内に形成された3種のインキ流路259a、259b、259cと、各インキ流路に接続されたインキ供給装置260a、260b、260cとを備えている。

【0318】シリコン基板252は表面252A側から裏面252B側に貫通する複数の微細孔253を備え、この微細孔253の表面252A側の開口部253aは、表面252A側に溝状に形成された3種のインキ流路259a、259b、259c内のいずれかに露出している。シリコン基板252の材質は上述のシリコン基板202と同様とすることができ、厚みもシリコン基板202と同様の範囲で設定することができる。

【0319】微細孔253は所定方向（図57（B）の矢印a方向）に沿って同列上に複数配置され、この列がピッチPで複数形成されている。図示例では、矢印a方向に沿って複数の微細孔が配列された6本の微細孔列253A、253B、253C、253D、253E、253FがピッチPで形成されている。このような微細孔253の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔203と同様にして適宜設定できる。また、微細孔253の壁面に形成されている珪素酸化物層254も、上述の珪素酸化物層204と同様とすることができる。尚、図示例では、珪素酸化物層254を備えた微細孔253の開口径、形成数、形成ピッチ等は、装置の構成の説明を容易にするために簡略化してある。

【0320】主電極256a、256b、256cは、各微細孔列253A、253B、253C、253D、253E、253Fを囲むように配設されている。すなわち、微細孔列253Aと253Dを囲む主電極256aと、253Bと253Eを囲む主電極256bと、253Cと253Fを囲む主電極256cとからなる、電氣的に独立の3つの主電極256a、256b、256

cからなる。このような主電極256a、256b、256cは、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板252側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。尚、主電極は、電氣的に独立ではない共通電極としてもよい。

【0321】対向電極257は、電氣的に接地状態および浮遊状態のいずれであってもよい。但し、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。図示例では、対向電極257は、電氣的に接地状態にあり、上記の主電極256a、256b、256cに所定の電圧が印加されたときに主電極256a、256b、256cとの間に電界を生じる。この対向電極257は、上述の微細パターン形成装置201の対向電極207と同様に、必要に応じて種々の形状とすることができる。

【0322】支持部材258は、上述のシリコン基板252の表面252A側に配設されてシリコン基板252を保持する板状の部材であり、かつ、支持部材258のシリコン基板252側にはインキ流路259cが溝状に形成されている。

【0323】図58は、図57（A）に示されるシリコン基板252のA-A線矢視における横断面図、図59は図57（A）に示される支持部材258のB-B線矢視における横断面図である。図57（A）および図58に示されるように、シリコン基板252には、微細孔列253A、253Dの各開口部とインキ供給装置260aとを接続するように形成された溝状のインキ流路259a、および、微細孔列253B、253Eの各開口部とインキ供給装置260bとを接続するように形成された溝状のインキ流路259bとが形成されている。また、微細孔列253C、253Fの各開口部にインキ流路259cが溝状に形成されている。さらに、図57（A）および図59に示されるように、支持部材258には、微細孔列253C、253Fの各開口部とインキ供給装置260cとを接続するように形成された溝状のインキ流路259cが形成されている。

【0324】このような支持部材258とシリコン基板252との間に形成される3種のインキ流路259a、259b、259cは、図60に示されるように、相互に独立している。尚、支持部材258の材質は、上述の支持部材208と同様に、その線膨張係数がシリコン基板252の線膨張係数の1/10倍～10倍の範囲内の材料を用いることが好ましい。

【0325】上述の各インキ流路259a、259b、259cの端部はインキ供給装置260a、260b、260cに接続されている。インキ供給装置260a、260b、260cには特に制限はなく、連続供給ポンプ、定量供給ポンプ等いずれでもよく、微細パターン形成装置251の使用目的に応じて適宜選択することができる。

【0326】このような本発明の微細パターン形成装置251は、インキ吐出手段として、主電極256a、256b、256cと対向電極間257との間に形成される電界と、インキ供給装置260a、260b、260cからのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板252の微細孔253からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0327】尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。また、インキ供給装置260a、260b、260cから別種のインキを供給することにより、各インキ流路259a、259b、259cに対応してグループ分け（微細孔列253Aと253Dのグループ、微細孔列253Bと253Eのグループ、微細孔列253Cと253Fのグループ）された微細孔列ごとに所望のインキで直接描画によるパターン形成ができ、特に、後述する本発明の形成方法によるストライプ状パターンの形成に有利である。さらに、主電極256a、256b、256cと対向電極257間に形成される電界強度を変えることにより、微細孔253から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。したがって、所定の開口径をもつ微細孔253から所望の吐出幅と吐出量でインキを吐出させることができる。

【0328】さらに、インキ供給装置260a、260b、260cを制御してインキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であり、また、電界強度とインキ供給圧の双方を変えることにより、微細孔253から吐出するインキの吐出幅および吐出量を制御することが可能である。そして、微細パターン形成装置251は、各インキごとに複数の装置を接合したものでないため、各微細孔列の位置精度が極めて高いものとなる。

【0329】尚、微細パターン形成装置251においても、図50に示されるようなノズルをシリコン基板252の裏面252B側の微細孔253の開口部253bに突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層215'のような補強層を形成してもよい。また、微細パターン形成装置251においても、微細孔253の表面252A側の開口部253aを、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔253から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0330】（第7の実施形態）図61は本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。図61において、微細パターン形成装置261は、シリコン基板262と、このシリコン基板262の表面262A側に配設された主電極と、支持部材と、シリコン基板262の裏面側に所定の間隔を設けて配置された対向電極と、シリコン基板262と支持部材との空隙部にイ

ンキを供給するインキ流路と、このインキ流路に接続されたインキ供給装置とを備えている。ただし、図61では、シリコン基板262のみを示し、主電極、対向電極、支持部材、インキ流路、インキ供給装置は図示していない。

【0331】シリコン基板262は表面262A側から裏面側に貫通する複数の微細孔263を備え、この微細孔263が1つのパターン265をなすような位置に形成され、かつ、複数（図示例では10個）のパターン265がシリコン基板262に設けられている。尚、微細孔263は1つのパターン265においてのみ示し、他のパターン265はその輪郭のみを鎖線で示してある。

【0332】シリコン基板262の材質は上述のシリコン基板202と同様とすることができ、厚みもシリコン基板202と同様の範囲で設定することができる。また、微細孔263の横断面形状、縦断面形状、開口径、形成ピッチは、上述の微細孔203と同様にして適宜設定できる。また、微細孔263は壁面に珪素酸化物層を備えるものでよく、この珪素酸化物層も上述の珪素酸化物層204と同様とすることができる。

【0333】このようなシリコン基板262に表面262A側には、主電極が各パターン265を囲むように配設されている。この場合、各パターン265を囲む主電極を電氣的に独立としてもよく、あるいは、共通電極としてもよい。主電極は、アルミニウム、銅、クロム、金、銀、シリコン等の導電性薄膜からなるものであり、通常、シリコン基板262側にポリイミド等の電気絶縁性薄膜を介して配設することができる。

【0334】対向電極は、電氣的に接地状態にあり、上記の主電極に所定の電圧が印加されたときに、微細孔263に電界を印加させる作用をなす。この対向電極は、上述の微細パターン形成装置201と同様とすることができる。また、シリコン基板262は、上述の支持部材208のように周縁にフランジ部を有する支持部材を用い、周辺部（図61に斜線で示す領域）に支持部材のフランジ部を固着することができる。そして、支持部材の開口部にインキ供給路を接続し、このインキ供給路の他端にインキ供給装置を接続することができる。

【0335】このような微細パターン形成装置261は、インキ吐出手段として、主電極と対向電極間との間に形成される電界と、インキ供給装置からのインキ供給圧とを併用するので、低いインキ供給圧でシリコン基板262の微細孔263からインキを微量かつ高精度で吐出させることができる。尚、インキ供給空間にインキがあれば、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能である。そして、シリコン基板262の微細孔263からインキを、隣接する微細孔263から吐出されたインキ同士がパターン被形成体上で接触する程度の適量で吐出させて直接描画することにより、パターン265に対応した形状のパターンをパターン被形成体上に高

い精度で安定して形成することができる。インキの吐出量は、インキ供給装置を制御することにより調整が可能である。

【0336】上記の例では、複数のパターン265が全て同一形状であるが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント配線板の導体パターンのような任意の形状とすることができる。

【0337】尚、微細パターン形成装置261においても、図50に示されるようなノズルをシリコン基板262の裏面側の微細孔263の開口部に突設してもよい。この場合、ノズルに上述の補強層215'のような補強層を形成してもよい。また、微細パターン形成装置261においても、微細孔263の表面262A側の開口部を、上述のようなテーパ形状あるいは多段形状の凹部としてもよく、これにより、インキの流路抵抗が減少し、より高粘度のインキを複数の微細孔263から微量かつ高精度で吐出させることができる。

【0338】上述のような本発明の微細パターン形成装置は、例えば、液晶ディスプレイのブラックマトリックスパターンや着色パターンの形成、プラズマディスプレイの蛍光体層の形成、エレクトロルミネッセンスにおけるパターン形成等に用いることができ、また、プリント配線板の導体パターン形成等に應用できる。また、使用するインキは、電気伝導率、粘度等の物性を考慮して選択することができ、例えば、電気伝導率は 1×10^{-12} S/cm $\sim 1 \times 10^{-4}$ S/cmの範囲、粘度は0.3 ~ 50000 mPa \cdot s (cps)の範囲にあるものが好ましい。

【0339】III-2. 微細パターン形成装置の製造例

次に、本発明の微細パターン形成装置の製造を、図50に示される微細パターン形成装置211を例として図62および図63を参照して説明する。まず、表面を洗浄したシリコン基板212を熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み1 ~ 2 μ m程度の珪素酸化膜212'を形成する(図62(A))。尚、珪素酸化膜212'の形成は、ウェット酸化法により行ってもよい。

【0340】次に、シリコン基板212の一方の面に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成する(図62(B))。次いで、このレジストパターンRをマスクとし、例えばBHF16(一水素二フッ化アンモニウム22%水溶液)を用いて珪素酸化膜212'をパターニングする(図62(C))。このパターニングは、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチング(プロセスガス:CHF₃)により行うことも可能である。このようなパターニングでは、レジストパターンRが設けられていない部位の珪素酸化膜212'は除去される。

【0341】次に、パターニングされた珪素酸化膜212'をマスクとして、シリコン基板212に所望の深さ

で微細孔213を穿設する(図62(D))。この微細孔213の穿設は、例えば、ICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチング等のドライディープエッチング、および、ウェットエッチング、FIB加工、レーザ加工、放電加工等の高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔213の穿設は、シリコン基板212を貫通しない所定の深さまで行う。

【0342】次に、レジストパターンRと珪素酸化膜212'を除去し、その後、再度、熱酸化炉で酸化することにより、全面に厚み5000 ~ 10000 Å程度の珪素酸化物層214を形成する(図62(E))。

【0343】次に、シリコン基板212の表面212A側に、微細孔213を囲むように主電極216を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜/金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィによりパターニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。その後、支持部材218のフランジ部218bをシリコン基板212の表面側(微細孔穿設側)の周辺部に固着する(図63(A))。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。

【0344】次いで、シリコン基板212の外表面側のみをBHF16に浸漬して、この部位の珪素酸化物層214を除去してシリコン基板212の裏面を露出させ、その後、TMAH(水酸化テトラメチルアンモニウム)によりシリコン基板212の裏面側からエッチングを行う(図63(B))。このエッチングでは、微細孔213内壁に形成されている珪素酸化物層214がTMAHに対して耐性をもつので、珪素酸化物層214からなる微細管がシリコン基板212側に突出することになる。

【0345】次いで、この珪素酸化物層214からなる微細管の先端をBHF16により溶解除去して開口させ(図63(C))、その後、再びTMAHによりシリコン基板212の裏面側をエッチングする。そして、所定の長さの珪素酸化物層214からなるノズル215が形成されたところでTMAHによるエッチングを終了する(図63(D))。その後、支持部材218の開口部218cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板212の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極217を配置することにより、図50に示されるような本発明の微細パターン形成装置211を作製することができる。

【0346】尚、上記のシリコン基板212の裏面側のエッチングは、TMAHを用いる他に、RIE(Reactive Ion Etching)によるドライプロセスでも可能である。また、上記の例では、珪素酸化膜212'を形成してい

るが、珪素酸化膜の代わりにアルミニウム薄膜をスパッタリング法等で形成しても、同様に微細パターン形成装置を作製することができる。この場合、上記のパターニング工程（図62（C））では、アルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

【0347】図48に示されるような微細パターン形成装置201は、図62（D）に相当する工程で、シリコン基板212を貫通するように微細孔213を穿設する、あるいは、図63（C）に相当する工程で、突出している珪素酸化物層214からなる微細管をフッ酸で溶解除去することにより製造することができる。

【0348】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図53に示される微細パターン形成装置221を例として図64および図65を参照して説明する。まず、表面結晶方位<100>のシリコン基板222の表面を洗浄し、このシリコン基板222の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物（ Si_3N_4 ）層222'を形成する。

【0349】次に、シリコン基板222の表面222A側の珪素窒化物層222'上に感光性レジストを塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンRを形成し、次いで、このレジストパターンRをマスクとして珪素窒化物層222'をRIE（Reactive Ion Etching（プロセスガス： CF_4 または SF_6 ））によりエッチングして、テーパ用開口222'aをもつパターンを形成する（図64

（A））。珪素窒化物層222'の形成は、低圧CVD法等により行うことができる。この珪素窒化物層222'のテーパ用開口222'aの大きさ、形状は、後述するテーパ形状の凹部223'aの深さ、開口径、形状を決定するものであり、通常、テーパ用開口を10～200μmの範囲内で設定することが好ましく、形状は正方形、円形等、適宜設定することができる。

【0350】次に、珪素窒化物層222'をマスクとして、シリコン基板222に水酸化カリウム水溶液による結晶異方性エッチングを施す。このエッチングでは、テーパ用開口222'aに露出しているシリコン基板222が、結晶方位<111>面が現出するように深さ方向にエッチングされ、例えば、逆四角錐形状のテーパ開口の頂点が閉じるまで（逆四角錐形状の凹部が完全に形成されるまで）行うことが好ましい。これにより、シリコン基板222の表面222A側にテーパ形状の凹部223'aが形成される（図64（B））。

【0351】次に、レジストパターンRを除去し、シリコン基板222の表面222A側および裏面222B側に金属薄膜222''を形成する。次いで、テーパ形状凹部223'aが形成されていないシリコン基板222の裏面222B側の金属薄膜222''をパターニングして微細開口222''aを形成する（図64（C））。この微細開口222''aは、その開口中心がシリコン基板2

22を介して上記のテーパ形状凹部223'aの中心（頂点）とほぼ一致するように形成する。また、微細開口222''aの大きさは、後述する微細孔223および微細ノズル225の開口径を決定するものであり、通常、微細開口222''aを1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

【0352】次に、金属薄膜222''をマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板222に裏面222B側から貫通微細孔223を穿設する（図64

（D））。この貫通微細孔223の穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。このディープエッチングでは、貫通微細孔223がテーパ形状凹部223'a内まで貫通したところで、シリコン基板222の表面222A側に形成した金属薄膜222''（テーパ形状凹部223'a内の金属薄膜222''）がストッピング層として作用するので、微細孔223の穿設の深さを制御する必要なく、工程が簡便なものとなる。また、特にICP-RIEによりドライエッチングを行うことにより、貫通微細孔223の穿設に要する時間を大幅に短縮することができる。

【0353】次に、上記の金属薄膜222''を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、貫通微細孔223の壁面、および、テーパ形状凹部223'aの壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層224を形成する（図65（A））。

【0354】次に、珪素窒化物層222'を除去し、テーパ形状凹部223'aが形成されていないシリコン基板222の裏面222B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板222の一部がエッチングされ、貫通微細孔223内壁に形成されている珪素酸化物層224が露出する。この珪素酸化物層224が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板222のエッチング側に突出した珪素酸化物からなるノズル225が得られる（図65（B））。上記のドライエッチングは、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0355】次に、シリコン基板222の表面222A側に、テーパ形状凹部223'aを囲むように主電極226を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリン

グ法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜／金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィによりパターンニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜を形成する方法等により形成することができる。

【0356】次いで、支持部材228のフランジ部228bをシリコン基板222の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図65（C））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。その後、支持部材228の開口部228cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板222の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極227を配置することにより、図53に示されるような本発明の微細パターン形成装置221を作製することができる。

【0357】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を、図54に示される微細パターン形成装置231を例として図66および図67を参照して説明する。まず、表面を洗浄したシリコン基板232の全面に厚み200～3000Å程度の珪素窒化物（ Si_3N_4 ）層232'を形成する。次に、両面の珪素窒化物層232'上に金属薄膜232''を形成し、シリコン基板232の表面232A側の金属薄膜232''をパターンニングして広幅開口232''aをもつ金属パターンを形成し、シリコン基板232の裏面232B側の金属薄膜232''をパターンニングして微細開口232''bをもつ金属パターンを形成する（図66（A））。広幅開口232''aの開口中心は、シリコン基板232を介して微細開口232''bの開口中心とほぼ一致するように設定する。

【0358】上記の広幅開口232''aの大きさ、形状は、後述する多段形状をなす広幅凹部233'aの開口径を決定するものであり、通常、広幅開口を5～200μmの範囲内で設定することが好ましい。また、微細開口232''bの大きさは、後述する微細孔233および微細ノズル235の開口径を決定するものであり、通常、微細開口を1～100μmの範囲内で設定することが好ましい。

【0359】珪素窒化物層232'の形成は、上述の珪素窒化物層222'と同様に行うことができる。また、使用する金属薄膜は、アルミニウム、ニッケル、クロム等であり、スパッタリング法、真空蒸着法等により1000～2000Å程度の厚みに形成することが好ましい。例えば、金属薄膜としてアルミニウムを用いる場合、エッチングにアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）を用いることができる。

【0360】次に、微細開口232''bをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板232の裏面232B側から微細孔233を穿設する（図66（B））。この微細孔233の穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Re-

active Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。微細孔233の穿設は、シリコン基板232を貫通しない所定の深さまで行う。本発明では、この微細孔233の穿設における深さを制御を容易とするために、シリコン基板232として、SOI（Silicon On Insulator）ウエハを使用することができる。SOIウエハは、酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造であり、酸化珪素薄膜が上述のディープエッチングのストップ層としての作用をなすので、微細孔233の穿設における深さを制御が不要となる。また、2層の酸化珪素薄膜を単結晶シリコンで挟持した多層構造のSOIウエハを使用することにより、さらに段数の多い多段形状の開口部を形成することができる。

【0361】次に、広幅開口232''aをもつ金属パターンをマスクとしてディープエッチングによりシリコン基板232の表面232A側から広幅凹部233'aを穿設する（図66（C））。この広幅凹部233'aの穿設は、例えば、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチング等のドライエッチング、Deepエッチングによる高アスペクトエッチングにより行うことができる。広幅凹部233'aの穿設は、微細孔233の開口が広幅凹部233'a内に出現するまで行う。次に、上記の金属薄膜232''を除去し、熱酸化炉で酸化することにより、微細孔233の壁面、および、広幅凹部233'aの壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層234を形成する（図67（A））。

【0362】次に、珪素窒化物層232'を除去し、広幅凹部233'aが形成されていないシリコン基板232の裏面232B側からドライエッチングを行う。このドライエッチングでは、シリコン基板232の一部がエッチングされ、貫通微細孔233内壁に形成されている珪素酸化物層234が露出する。この珪素酸化物層234が所望の長さまで露出したところでドライエッチングを停止することにより、シリコン基板232のエッチング側に突出した珪素酸化物からなるノズル235が得られる（図67（B））。上記のドライエッチングは、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）とすることが好ましいが、これに限定されるものではない。

【0363】次に、シリコン基板232の表面232A側に、凹部233'aを囲むように主電極236を形成する。この主電極は、所定の形状の金属箔をポリイミド樹脂を介して固着する方法、スパッタリング法等の真空プロセスにより、絶縁薄膜／金属薄膜からなる多層膜を形成し、フォトリソグラフィによりパターンニングする方法、さらに、所望の開口パターンを有する金属マスクやシリコンマスク等を介して真空プロセスにより多層膜

を形成する方法等により形成することができる。

【0364】次いで、支持部材238のフランジ部238bをシリコン基板232の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着する（図67（C））。この固着は、例えば、陽極接着、エポキシ系接着剤等により行うことができる。その後、支持部材238の開口部238cにインキ流路を介してインキ供給装置を接続し、シリコン基板232の裏面側に所定の間隔を設けて対向電極237を配置することにより、図54に示されるような本発明の微細パターン形成装置231を作製することができる。

【0365】III-3 微細パターン形成方法

（第1の実施形態）図68は、上述の本発明の微細パターン形成装置241を用いた本発明の微細パターン形成方法の一実施形態を説明する図である。図68において、本発明の微細パターン形成装置241の主電極246a、246b、246cに所定の電圧を印加した状態で、インキ供給装置250a、250b、250cから、それぞれインキA、インキB、インキCを各インキ流路249を介して供給しながら、パターン被形成体Sを微細パターン形成装置241に対して所定方向（矢印A方向）に走査させる。この走査方向Aは、上記の微細パターン形成装置241における微細孔の配列方向A（図56参照）と一致するものである。この場合、微細パターン形成装置241のシリコン基板242とパターン被形成体Sとの間隙は、50～500 μ m程度の範囲で設定することができる。

【0366】尚、図示例では、パターン被形成体Sは少なくとも表面が導電性を有し、接地された対向電極247を兼ねている。また、紙はフィルムのような薄い電気絶縁体をパターン被形成体とすることもでき、この場合、薄い電気絶縁体を載置するための基板等を接地された対向電極247とする。対向電極247は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってよいが、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。

【0367】これにより、シリコン基板242の微細孔243から吐出されたインキによって、パターン被形成体S上にインキA、インキB、インキCの順で繰り返し配列されたストライプ状パターンが直接描画によって形成される。この場合の各ストライプのピッチはP2となる。このストライプ状パターンは、1本のストライプが同列上の複数の微細孔から吐出されるインキにより形成されるため、個々の微細孔からの吐出量が少なくても、パターン被形成体Sの走査速度を高めて、パターン形成速度を高くすることができる。このようなストライプ状パターンは、微細孔243の径の大きさ、あるいは、主電極246a、246b、246cと対向電極247間に形成される電界強度を変えて微細孔243から吐出するインキの吐出幅を制御することにより、極めて高い精度で形成され、かつ、従来のフォトリソグラフィ法に比べて工程が簡便である。

【0368】尚、パターン被形成体Sが可撓性を有する場合、パターン被形成体Sの裏面に、微細パターン形成装置241と対向するようにバックアップローラーを配置し、パターン被形成体Sにテンションをかけながら搬送して直接描画することが好ましい。また、本発明の微細パターン形成方法では、上述のように対向電極247上に描画されたパターンを、別のパターン被形成体に転写することにより、微細パターンを形成してもよい。

【0369】（第2の実施形態）図69は、本発明の微細パターン形成方法の他の実施形態を説明するための図であり、本発明の微細パターン形成装置261を使用した例である。図69において、微細パターン形成装置261（図示例では、シリコン基板262のみを示す）をパターン被形成体Sの所定位置に配置し、主電極に所定の電圧を印加した状態で、インキ流路から供給された一定量のインキを各微細孔263を介してパターン被形成体S上に吐出させることによりパターンを形成する。尚、図示例では、パターン被形成体Sは少なくとも表面が導電性を有し、接地された対向電極を兼ねている。また、紙はフィルムのような薄い電気絶縁体をパターン被形成体Sとすることもでき、この場合、薄い電気絶縁体を載置するための基板等が接地された対向電極とされる。対向電極は、電気的に接地状態および浮遊状態のいずれであってよいが、より細いラインを描画するには、接地状態が好ましい。

【0370】その後、パターン被形成体Sを矢印A方向に所定の距離搬送させ、同様のパターン形成を行う。このような操作の繰り返しにより、パターン被形成体S上には、所望のパターン265が形成できる。尚、微細パターン形成装置261のシリコン基板262とパターン被形成体Sとの間隙は、50～500 μ m程度の範囲で設定することができる。

【0371】また、微細パターン形成装置261における複数の微細孔263から構成されるパターン265を、例えば、プリント配線板の導体パターンとしておき、インキとして導体ペーストを用いることにより、フォトリソグラフィ法によらず簡便にプリント配線板を製造することができる。この場合、主電極は、上述の図49、図51に示した枠形状の電極とし、この対向電極の下方にプリント配線板を位置させてパターン形成を行うことができる。尚、本発明の微細パターン形成方法では、上述のように対向電極上に描画されたパターンを、別のパターン被形成体に転写することにより、微細パターンを形成してもよい。

【0372】

【実施例】次に、実施例を示して本発明を更に詳細に説明する。

【0373】[実施例I-1]

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚

み $200\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\mu\text{m}$ の厚みで形成した。その後、シリコン基板の一方の面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

【0374】次いで、アルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 $20\mu\text{m}$ の円形開口）が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成された金属パターンを形成した。（以上、第1の工程）

【0375】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径 $20\mu\text{m}$ ）を穿設した。（以上、第2の工程）

【0376】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水 $=1:1$ ）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面に厚み $5000\sim 10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。（以上、第3の工程）

（熱酸化条件）

- ・加熱温度 : 1050°C
- ・水素ガス供給量 : 1slm
- ・酸素ガス供給量 : 1slm
- ・加熱時間 : 約15時間

【0377】次に、金属パターンが設けられていたシリコン基板の面からICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ $100\mu\text{m}$ 露出したところでドライエッチングを停止した。（以上、第4の工程）

【0378】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 $19\mu\text{m}$ 、そのバラツキが $\pm 1\mu\text{m}$ 、形成ピッチ $120\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

【0379】微細ノズルの強度測定

微細ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Dage社製の万能型ボンドテスターPC-2400を用い、シエアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約 $5\mu\text{m}$ に保って水平方向から速度 $6\text{mm}/\text{分}$ で3本の微細ノズルに

同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定したところ、 $0.16\text{g}/1\text{本}$ であった。

【0380】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0381】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。このインキの粘度は $20\text{mPa}\cdot\text{s}$ であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（ $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ）を準備した。次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を $50\text{mm}/\text{秒}$ の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $25 \pm 1\mu\text{m}$ 、線ピッチが $25 \pm 1\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

【0382】[実施例I-2]

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み $200\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

【0383】次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、小開口（直径 $30\mu\text{m}$ の円形開口）が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成されたパターンを形成した。（以上、第1の工程）

【0384】次に、上記の珪素窒化物層のパターン上に、スパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\mu\text{m}$ の厚みで形成した。このアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 $20\mu\text{m}$ の円形開口）が上記の小開口の中心に

位置する金属パターンを形成した。(以上、第2の工程)

【0385】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔(直径 $20\mu\text{m}$)を穿設した。(以上、第3の工程)

【0386】次いで、金属パターンを硫酸過水(硫酸:過酸化水素水=1:1)により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面、および、珪素窒化物層パターンの小開口内に露出しているシリコン基板上に、厚み $5000\sim 10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第4の工程)

(熱酸化条件)

- ・加熱温度 : 1100°C
- ・酸素ガス供給量 : 1L/分
- ・加熱時間 : 約5時間

【0387】次に、珪素窒化物層パターンの小開口が形成されていたシリコン基板の面からICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行った。このドライエッチングでは、珪素酸化物層がマスクとなってノズル基部がシリコン基板と一体的に形成され、このノズル基部の長さが $100\mu\text{m}$ に達したところでドライエッチングを停止した。(以上、第5の工程)

【0388】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、ノズル基部と、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物内面層と、ノズル基部の先端面に形成された珪素酸化物端面層からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 $20\mu\text{m}$ 、そのバラツキが $\pm 1\mu\text{m}$ 、形成ピッチ $120\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。また、ノズル基部の肉厚は、上記の小開口と微細開口との半径の差($5\mu\text{m}$)として得られた。

【0389】微細ノズルの強度測定

実施例1と同様にして、微細ノズルの強度を測定したところ、 0.68g/1本 であった。この結果と、上述の実施例1の結果から、微細ノズルがノズル基部を備えることにより、強度が大幅に向上(約4.3倍)することが確認された。

【0390】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エボキシ系接着剤によりシリコン基板の表面(微細ノズルの非形成面)の周辺部に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置(EFD(株)製1500XL)を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0391】[微細パターンの形成]インキ供給装置にインキ(富士フイルムオーリン(株)製カラーモザイクCR-7001)を充填した。このインキの粘度は $20\text{mPa}\cdot\text{s}$ であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板($100\text{mm}\times 100\text{mm}$)を準備した。

【0392】次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を 50mm/秒 の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $25\pm 1\mu\text{m}$ 、線ピッチが $25\pm 1\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

【0393】[実施例I-3]

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板(直径3インチ、厚み $200\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6\times 10^{-6}/\text{K}$)を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

【0394】次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト(シブレイ(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、テーバー用開口(1辺が $70\mu\text{m}$ の正方形の開口)が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。

(以上、第1の工程)

【0395】次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ に保った33体積%水酸化カリウム水溶液中に基板を約50分間浸漬して行った。これにより、テーバー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ $50\mu\text{m}$ 、1辺がシリコン基板表面に対して 55° をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。(以上、第2の工程)

【0396】次に、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\mu\text{m}$ の厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト(シブレイ(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口(直径 $20\mu\text{m}$ の円形開口)が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心

は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパ形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。（以上、第3の工程）

【0397】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔（直径 $20\mu\text{m}$ ）を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。（以上、第4の工程）

【0398】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み $5000\sim 10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。（以上、第5の工程）

（熱酸化条件）

- ・加熱温度： 1100°C
- ・酸素ガス供給量： $1\text{L}/\text{分}$
- ・加熱時間： 約5時間

【0399】次に、逆四角錐形状（テーパ形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ $100\mu\text{m}$ 露出したところでドライエッチングを停止した。（以上、第6の工程）

【0400】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 $19\mu\text{m}$ 、そのバラツキが $\pm 1\mu\text{m}$ 、形成ピッチ $120\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

【0401】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（逆四角錐形状のテーパ形状凹部が形成された面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。

【0402】次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0403】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。このインキの粘度は $20\text{mPa}\cdot\text{s}$ であった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（ $100\text{mm}\times 100\text{mm}$

m ）を準備した。

【0404】次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を $50\text{mm}/\text{秒}$ の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $25\pm 1\mu\text{m}$ 、線ピッチが $25\pm 1\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

【0405】また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は $100\text{mPa}\cdot\text{s}$ であった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $30\pm 2\mu\text{m}$ 、線ピッチが $120\pm 1\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。

【0406】[実施例1-4]

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み $200\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6\times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

【0407】次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE(Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、小開口（直径 $30\mu\text{m}$ の円形開口）が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に42個形成されたパターンを形成した。（以上、第1の工程）

【0408】次に、シリコン基板の両面に上記の珪素窒化物層のパターンを覆うように、スパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\mu\text{m}$ の厚みで形成した。次に、上記の小開口を形成した面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 $20\mu\text{m}$ の円形開口）が上記の小開口の中心に位置する金属パターンを形成した。さらに、上記の小開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径 $50\mu\text{m}$ の円形開口）を形成した。この広幅開口は、

その開口中心が上記の小開口の中心とシリコン基板を介して一致するようにした。(以上、第2の工程)

【0409】次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ150 μ mの微細孔(直径20 μ m)を穿設した。(以上、第3の工程)

【0410】次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約50 μ mの深さまで穿設した。これにより、直径50 μ mの円形の広幅凹部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。(以上、第4の工程)

【0411】次いで、金属パターンを硫酸過水(硫酸：過酸化水素水=1：1)により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部部の壁面、微細孔の壁面、および、珪素窒化物層パターンの小開口内に露出しているシリコン基板上に、厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。(以上、第5の工程)

(熱酸化条件)

- ・加熱温度 : 1100℃
- ・酸素ガス供給量 : 1L/分
- ・加熱時間 : 約5時間

【0412】次に、広幅凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行った。このドライエッチングでは、珪素酸化物層がマスクとなってノズル基部がシリコン基板と一体的に形成され、このノズル基部の長さが100 μ mに達したところでドライエッチングを停止した。(以上、第6の工程)

【0413】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、ノズル基部と、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物内面層と、ノズル基部の先端面に形成された珪素酸化物端面層からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径20 μ m、そのバラツキが $\pm 1\mu$ m、形成ピッチ120 μ mであり、極めて精度の高いものであった。また、ノズル基部の肉厚は、上記の小開口と微細開口との半径の差(5 μ m)として得られた。

【0414】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面(微細ノズルの非形成面)の周辺部に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプ

の他端をインキ供給装置(EFD(株)製1500XL)を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0415】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ(富士フィルムオーリン(株)製カラーモザイクCR-7001)を充填した。このインキの粘度は50mPa \cdot sであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板(100mm \times 100mm)を準備した。

【0416】次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50mm/秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が25 $\pm 1\mu$ m、線ピッチが25 $\pm 1\mu$ mであり、極めて精度の高いものであった。また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は100mPa \cdot sであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が40 $\pm 1\mu$ m、線ピッチが120 $\pm 1\mu$ mであり、極めて精度の高いものであった。

【0417】[実施例II-1]

微細ノズルの形成

まず、表面をRCA洗浄したシリコン基板(直径3インチ、厚み200 μ m、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数=2.6 $\times 10^{-6}$ /K)を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を0.1 μ mの厚みで形成した。その後、シリコン基板の一方の面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2 μ mの厚みで形成した。

【0418】次いで、アルミニウム薄膜上に感光性レジスト(シプレイ(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口部(直径20 μ mの円形開口部)が200 μ mのピッチで同一直線上に23個形成された金属パターンを形成した。

【0419】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に貫通微細孔(直径20 μ m)を穿設した。

【0420】次いで、金属パターンを硫酸過水(硫酸：過酸化水素水=1：1)により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、貫通微細孔の壁面に厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。

(熱酸化条件)

- ・加熱温度 : 1100℃
- ・酸素ガス供給量 : 1L/分
- ・加熱時間 : 約5時間

【0421】次に、金属パターンが設けられていたシリコン基板の面からICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、珪素窒化物層を除去し、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ136μm露出したところでドラ

(補強層形成条件)

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ (株) 製PED-401
- ・電力 : 150kW
- ・周波数 : 90kHz
- ・プロセス中圧力 : 2.9×10^{-1} Torr (38.6Pa)
- ・ガス流量 : 酸素流量=30sccm
ヘリウム流量=30sccm
ヘキサメチルジシロキサン流量=0.1sccm (液)
- ・成膜時間 : 6分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径20μm、外側径26μm、先端部近傍の肉厚3.0μmであった。

【0424】微細ノズルの強度測定

ここで、補強層を形成する前後の微細ノズルの強度を以下の方法により比較した。すなわち、微細ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Daige社製の万能型ボンデスターPC-2400を用い、シエアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約5μmに保って水平方向から速度6mm/分で3本の微細ノズルに同時に衝突させて

(撥水性層形成条件)

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ (株) 製PED-401
- ・電力 : 50W
- ・周波数 : 13.56MHz
- ・ベース圧力 : 4.0×10^{-6} Torr (5.3×10^{-3} Pa)
- ・プロセス中圧力 : 1.1×10^{-1} Torr (14.6Pa)
- ・プロセスガス : CHF₃
- ・ガス流量 : 100sccm
- ・成膜時間 : 10分間

【0426】上述のように形成した撥水性層について、下記のESCA (Electron Spectroscopy for Chemical Analysis) およびFT-IR (Fourier Transform infrared Spectroscopy) を用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は1:1.05であることが確認された。また、撥水性層の厚みは37nmであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約95°であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度60°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

イエッチングを停止した。

【0422】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径23μm、外側径24μm、先端部近傍の肉厚0.5μm、形成ピッチ200μmであった。

【0423】補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

破壊し、このときの強度を測定した。その結果、補強層形成前の微細ノズルの強度は0.16g/1本であり、補強層形成後の微細ノズルの強度は0.68g/1本であった。この結果と、上述の補強層の形成により、微細ノズルの強度が大幅に向上 (4.3倍) することが確認された。

【0425】撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で撥水性層を形成した。

【0427】(ESCA)

- ・装置 : VG Scientific社製 ESCALAB 220i-XL
- ・X線源 : Monochromated Al Kα
- ・X線出力 : 10kV・15mA (150W)
- ・レンズ : Large Area XL
- ・基板 : シリコンウェハ

【0428】(FT-IR)

- ・装置 : 日本分光社製 FT/IR-610
- ・測定モード : Macro-TRS 透過測定
- ・分解能 : 4cm^{-1}

・積算数 : 128回

・基板 : シリコンウェハ

【0429】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（微細ノズルの非形成面）の周辺部の珪素窒化物層上に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0430】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）製カラーモザイクCR-7001）を充填した。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100mm×100mm）を準備した。

【0431】次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50mm/秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が $2.5 \pm 1 \mu\text{m}$ 、線ピッチが $2.5 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。また、微細パターン形成装置のシリコン基板裏面へのインキの付着はほとんど見られなかった。

【0432】【実施例II-2】

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み $200 \mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1 \mu\text{m}$ の厚みで形成した。

【0433】次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE（Reactive Ion Etching）によるドライエッチングを行い、テーパー用開口（1辺が $70 \mu\text{m}$ の正方形の開口）が $220 \mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に23個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。

【0434】次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ に保った33体積％水酸化カリウム水溶液中に基板を約50分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ $50 \mu\text{m}$ 、1辺がシリコン基板表面に対して 55° をなすような逆四角錐形状の凹部が形成され

（補強層形成条件）

た。

【0435】次に、レジストパターンを除去し、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2 \mu\text{m}$ の厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 $20 \mu\text{m}$ の円形開口）が $220 \mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に23個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。

【0436】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に微細孔（直径 $20 \mu\text{m}$ ）を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。

【0437】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水=1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み $5000 \sim 10000 \text{ \AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

・加熱温度 : 1100°C

・酸素ガス供給量 : 1 L/分

・加熱時間 : 約5時間

【0438】次に、珪素窒化物層を除去し、その後、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）によるドライエッチングを行い、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ $100 \mu\text{m}$ 露出したところでドライエッチングを停止した。上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが形成された。この微細ノズルは、先端部の開口直径 $23 \mu\text{m}$ 、外側径 $24 \mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚 $0.5 \mu\text{m}$ 、形成ピッチ $220 \mu\text{m}$ であった。

【0439】補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

- ・プラズマCVD装置 : アネルバ(株)製PED-401
- ・電力 : 150kW
- ・周波数 : 90kHz
- ・プロセス中圧力 : 2.9×10^{-3} Torr (38.6Pa)
- ・ガス流量 : 酸素流量=30sccm
ヘリウム流量=30sccm
ヘキサメチルジシロキサン流量=0.1sccm(液)
- ・成膜時間 : 6分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径20 μ m、外側径26 μ m、先端部近傍の肉厚3.0 μ mであった。

【0440】撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により実施例1と同条件で撥水性層を形成した。上述のように形成した撥水性層について、実施例1と同様にESCAおよびFT-IRを用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は1:1.05であることが確認された。また、撥水性層の厚みは37nmであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約95°であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度60°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

【0441】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面(逆四角錐形状のテーパ形状凹部が形成された面)の周辺部に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置(EFD(株)製1500XL)を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0442】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ(富士フィルムオーリン(株)製カラーモザイクCR-7001)を充填した。このインキの粘度は20mPa・sであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板(100mm×100mm)を準備した。次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50mm/秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が25 \pm 1 μ m、線ピッチが25 \pm 1 μ mであり、極めて精度の高いものであった。

【0443】また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は100mPa・sであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプ

は、線幅が30 \pm 2 μ m、線ピッチが220 \pm 1 μ mであり、極めて精度の高いものであった。

【0444】[実施例II-3]

微細ノズルの製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板(直径3インチ、厚み200 μ m、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数=2.6 \times 10⁻⁶/K)を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を0.1 μ mの厚みで形成した。次いで、両面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2 μ mの厚みで形成した。

【0445】次に、一方の面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト(シプレイ(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口(直径50 μ mの円形開口)をもつ金属パターンを形成した。さらに、上記の広幅開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト(シプレイ

(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント(混酸アルミ)でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口(直径20 μ mの円形開口)をもつ金属パターンを形成した。広幅開口の開口中心と微細開口の開口中心とは、シリコン基板を介して一致するようにした。

【0446】次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ150 μ mの微細孔(直径20 μ m)を穿設した。

【0447】次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約50 μ mの深さまで穿設した。これにより、直径50 μ mの円形の広幅凹部が形成さ

れ、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。

【0448】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部の壁面、および、微細孔の壁面に露出しているシリコン基板上に、厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度：1100℃
- ・酸素ガス供給量：1L/分
- ・加熱時間：約5時間

【0449】次に、珪素窒化物層を除去し、その後、広幅凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive I

（補強層形成条件）

- ・プラズマCVD装置：アネルバ（株）製PED-401
- ・電力：150kW
- ・周波数：90kHz
- ・プロセス中圧力： 2.9×10^{-1} Torr (38.6Pa)
- ・ガス流量：酸素流量＝30sccm
ヘリウム流量＝30sccm
ヘキサメチルジシロキサン流量＝0.1sccm（液）
- ・成膜時間：6分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後の微細ノズルは、先端部の開口直径20μm、外側径26μm、先端部近傍の肉厚3.0μmであった。

【0452】撥水性層の形成

次に、上述のように補強層を形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により実施例1と同条件で撥水性層を形成した。上述のように形成した撥水性層について、実施例1と同様にESCAおよびFT-IRを用いて分析を行った。その結果、撥水性層は、ほとんどの炭素がフッ素化されているアルキル鎖であり、炭素元素数とフッ素元素数の比は1：1.05であることが確認された。また、撥水性層の厚みは37nmであった。さらに、水の接触角度を測定したところ約95°であり、同様に測定した補強層上における水の接触角度60°に対して極めて大きく、撥水性に優れることが確認された。

【0453】微細パターン形成装置の製造

次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面（多段形状の凹部開口の形成面）の周辺部に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0454】微細パターンの形成

インキ供給装置にインキ（富士フィルムオーリン（株）

on Etching)によるドライエッチングを行い、さらに、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ100μm露出したところでドライエッチングを停止した。

【0450】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなる微細ノズルが作製された。この微細ノズルは、先端部の開口直径23μm、外側径24μm、先端部近傍の肉厚0.5μm、形成ピッチ120μmであった。

【0451】補強層の形成

上述のように微細ノズルを形成したシリコン基板の微細ノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

製カラーモザイクCR-7001)を充填した。このインキの粘度は20mPa・sであった。また、パターン被形成体として、ガラス基板（100mm×100mm）を準備した。次に、微細パターン形成装置の微細ノズル配列方向に、ガラス基板を50mm/秒の一定速度で走査させながら、インキ供給装置からインキをシリコン基板に供給し、微細ノズルからインキを吐出させてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が25±1μm、線ピッチが25±1μmであり、極めて精度の高いものであった。

【0455】また、インキ供給装置に高粘度のインキを充填した。このインキの粘度は100mPa・sであった。そして、上記と同様にしてストライプ状のパターンを描画し、乾燥した。得られたパターンの各ストライプは、線幅が28±2μm、線ピッチが120±1μmであり、極めて精度の高いものであった。

【0456】〔実施例III-1〕

微細パターン形成装置の作製

表面を洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み200μm、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数＝ 2.6×10^{-6} /K）を準備した。このシリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、全面に厚み約2μmの珪素酸化膜を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度：1050℃
- ・水素ガス供給量：1slm

・酸素ガス供給量 : 1 s l m

・加熱時間 : 約15時間

【0457】次に、研磨面側に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit1400-31）をスピンコート法により塗布して乾燥し、その後、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。このレジストパターンには、円形開口（直径 $20\mu\text{m}$ ）がX軸方向に $200\mu\text{m}$ ピッチで同一線上に23個形成されている。次いで、レジストパターンをマスクとして、BHF16（一水素二フッ化アンモニウム22%水溶液）により珪素酸化膜をパターンニングするとともに、レジストパターンが設けられていない部位の珪素酸化膜を溶解除去した。

【0458】次に、パターンニングされたレジストパターンと珪素酸化膜をマスクとして、ICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）による高アスペクトエッチングを行い、直径 $20\mu\text{m}$ 、深さ $190\mu\text{m}$ の微細孔を穿設した。その後、硫酸と過酸化水素との混合溶液を用いてレジストパターンを除去し、さらに、フッ酸を用いて珪素酸化膜のマスクを除去した。

【0459】次いで、上記のように微細孔を穿設したシリコン基板に対して、加熱時間を約3時間とした他は上記と同様の条件にて熱酸化炉内で酸化処理を施することにより、全面に厚み $5000\sim10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。この酸化処理により、微細孔の壁面にも珪素酸化物層が形成された。

【0460】次いで、シリコン基板の裏面側のみをBHF16に浸漬して珪素酸化物層を除去してシリコン基板の裏面を露出させた。その後、TMAH（水酸化テトラメチルアンモニウム）にシリコン基板の裏面側を浸漬してエッチングを行った。これにより、シリコン基板の裏面には、上記の酸化処理により微細孔の壁面に形成された珪素酸化物層からなる微細管が突出した状態となった。

【0461】次いで、この珪素酸化物層からなる微細管の先端をBHF16に浸漬して溶解除去することにより開口させ、その後、TMAHによりシリコン基板の裏面側をエッチングして、長さ $100\mu\text{m}$ のノズルを形成した。

【0462】次に、上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、プラズマCVD法により下記の条件で補強層を形成した。

（補強層形成条件）

・プラズマCVD装置 : アネルバ（株）製PED-401

・電力 : 150kW

・周波数 : 90kHz

・プロセス中圧力 : $2.9 \times 10^{-1} \text{ Torr}$ (38.6Pa)

・ガス流量 : 酸素流量=30sccm

ヘリウム流量=30sccm

ヘキサメチルジシロキサン流量=0.1sccm (液)

・成膜時間 : 6分間

上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径 $20\mu\text{m}$ 、外側径 $30\mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚 $5.0\mu\text{m}$ であった。

【0463】ここで、補強層を形成する前後のノズルの強度を以下の方法により比較した。すなわち、ノズルの軸方向が鉛直上方となるようにシリコン基板を水平に載置し、Dage社製の万能型ボンダテスターPC-2400を用い、シェアテスト用ロードセルを、その先端とシリコン基板面との間隔を約 $5\mu\text{m}$ に保って水平方向から速度 6mm/分 で3本のノズルに同時に衝突させて破壊し、このときの強度を測定した。その結果、補強層形成前のノズルの強度は 0.15g/1本 であり、補強層形成後のノズルの強度は 0.6g/1本 であった。この結果と、上述の補強層の形成により、ノズルの強度が大幅に向上（4倍）することが確認された。

【0464】次に、 $200\mu\text{m}$ ピッチで同一線上に23個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板との間には、絶縁のためのポリ

イミド層（厚み $70\mu\text{m}$ ）を設けた。

【0465】次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。

【0466】一方、上記のシリコン基板の裏面に対向し、かつ、上記の $200\mu\text{m}$ ピッチで23個形成された微細孔の配列方向と軸方向とを一致させるように、パターン被形成体と対向電極とを兼ねるドラム（直径 10cm ）を回転可能に配置し、かつ、接地した。このドラムの表面からノズル先端までの距離は $150\mu\text{m}$ とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置（装置1）を得た。この微細パターン形成装置は、後述する吐出観察用のものとした。

【0467】また、酸化インジウムスズ（ITO）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形

成体)を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のITO電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を $250\mu\text{m}$ とし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置(装置2)を得た。この微細パターン形成装置は、後述する直描実験用のものとした。

【0468】微細パターンの形成

まず、溶剤であるブチルカルビトール(電気伝導率= $1.3\times 10^{-7}\text{S/cm}$)に、樹脂(共栄社化学(株)

製KC7000)を混合(0重量%、6重量%、8重量%、12重量%、15重量%、17重量%の6種)し、超音波攪拌して得た溶媒に、赤染料(C.I.Disperse-red 60)を1重量%添加して、6種のインキを調製した。これらのインキの樹脂含有量、粘度、電気伝導率は、下記の表1に示した。

【0469】

【表1】

表 1

インキ	樹脂含有量 (重量%)	インキ粘度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	電気伝導率 (S/cm)
試料1	0	7	1.3×10^{-7}
試料2	6	70	4.2×10^{-7}
試料3	8	130	4.5×10^{-7}
試料4	12	450	5.4×10^{-7}
試料5	15	1800	5.4×10^{-7}
試料6	17	2800	5.3×10^{-7}

【0470】次に、上述のように調製した各インキをインキ供給装置に充填し、吐出状態の観察、および、直描実験を行った。

(吐出状態観察)次に、微細パターン形成装置(装置1)の主電極に、電源(ファンクションジェネレータ、アンプ($\times 1000$)、オシロスコープで構成した)から電圧(直流1kV)を印加し、対向電極を回転(周速度 23.6mm/秒)させた。次いで、インキ供給装置から圧力 1.5psi で各インキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出状態をマイクロスコープで観察した。この結果、最も粘度が低いインキ(試料1)では、ノズル先端にメニスカスが形成された。しかし、樹脂混合により粘度を高くしたインキ(試料2~6)では、ノズル先端にメニスカスが形成されなかった。このことは、高粘度のインキが電界に対して敏感になっていることが原因と考えられる。

【0471】(直描実験)微細パターン形成装置(装置2)の主電極に、電源(ファンクションジェネレータ、アンプ($\times 1000$)、オシロスコープで構成した)から電圧(直流1kV)を印加し、シリコン基板を対向電極(ITOを備えたガラス基板)に対して走査(速度 200mm/秒)させた。次いで、インキ供給装置から圧力 1.5psi でインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料1~インキ試料4までのインキ(粘度 $500\text{mPa}\cdot\text{s}$ 以下の低粘度インキ)では、線幅 $10\pm 1\mu\text{m}$ の微細なストライプ形状パターンの形成が可能であり、高粘度インキ(試料5~試料6)では、更に、線幅が $2\pm 0.5\mu\text{m}$ までの微細なストライプ形状パターンの形成は可能であった。

【0472】また、主電極へ印加する電圧を2kVとした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、インキ試料1~インキ試料4までの低粘度インキでは、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極(パターン被形成体)上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は $12\pm 1\mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

【0473】これに対して、主電極に電圧を印加することなく、上記と同様にインキ供給装置から圧力 1.5psi でインキ試料1~インキ試料2までの低粘度インキをシリコン基板に供給したところ、ノズルからのインキ吐出が不可能であった。そこで、インキ供給装置からのインキ供給圧力を 12psi まで引き上げたところ、ノズルからのインキ吐出幅が $20\mu\text{m}$ 以上となり、ラインが重なってストライプ形状のパターン形成ができなかった。

【0474】[実施例III-2]

微細パターン形成装置の製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板(直径3インチ、厚み $200\mu\text{m}$ 、片面研磨、結晶方位 $\langle 100 \rangle$ 、線膨張係数 $=2.6\times 10^{-6}/\text{K}$)を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を $0.1\mu\text{m}$ の厚みで形成した。

【0475】次いで、珪素窒化物層上に感光性レジスト(シブレイ(株)製Micro Posit S1818)を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてRIE(Reactive Ion Etc

hing)によるドライエッチングを行い、テーパー用開口（1辺が $70\mu\text{m}$ の正方形の開口）が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に23個形成されたパターンを形成した。また、裏面の珪素窒化物層上に感光性レジストを塗布して、次の結晶異方性エッチングのマスクとした。

【0476】次に、上記の珪素窒化物層をマスクとして、シリコン基板面に結晶異方性エッチングを施す。このエッチングは、 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ に保った33体積%水酸化カリウム水溶液中に基板を約50分間浸漬して行った。これにより、テーパー用開口に露出しているシリコン基板に、深さ $50\mu\text{m}$ 、1辺がシリコン基板表面に対して 55° をなすような逆四角錐形状の凹部が形成された。

【0477】次に、レジストパターンを除去し、シリコン基板の両面にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を $0.2\mu\text{m}$ の厚みで形成した。次いで、逆四角錐形状の凹部が形成されていない面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シプレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径 $20\mu\text{m}$ の円形開口）が $120\mu\text{m}$ のピッチで同一直線上に23個形成された金属パターンを形成した。この微細開口の開口中心は、上記の逆四角錐形状の凹部の開口中心（テーパー形状の頂点）とシリコン基板を介して一致するようにした。

【0478】次に、金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に微細孔（直径 $20\mu\text{m}$ ）を穿設した。このディープエッチングでは、逆四角錐形状の凹部内に形成されたアルミニウム薄膜がストッピング層の作用をなした。

【0479】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水＝1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、逆四角錐形状の凹部の壁面、および、貫通微細孔の壁面に厚み $5000\sim 10000\text{\AA}$ 程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度： 1100°C
- ・酸素ガス供給量： $1\text{L}/\text{分}$
- ・加熱時間： 約5時間

【0480】次に、珪素窒化物層を除去し、その後、逆四角錐形状（テーパー形状）の凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE (Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching)によるドライエッチングを行い、シリコン基板をエッチングして、貫

通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ $100\mu\text{m}$ 露出したところでドライエッチングを停止した。上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなるノズルが形成された。

【0481】上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、実施例III-1と同様に、プラズマCVD法により補強層を形成した。上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径 $20\mu\text{m}$ 、外側径 $30\mu\text{m}$ 、先端部近傍の肉厚 $5.0\mu\text{m}$ 、形成ピッチ $120\mu\text{m}$ であった。

【0482】次に、 $200\mu\text{m}$ ピッチで同一直線上に23個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板の間には、絶縁のためのポリイミド層（厚み $70\mu\text{m}$ ）を設けた。次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。

【0483】一方、酸化インジウムスズ（ITO）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のITO電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を $250\mu\text{m}$ とし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0484】微細パターンの形成

実施例III-1と同様にして、6種のインキを調製した。次に、調製した各インキをインキ供給装置に充填し、直描実験を行った。

（直描実験）微細パターン形成装置の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（ $\times 1000$ ）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流 1kV ）を印加し、シリコン基板を対向電極（ITOを備えたガラス基板）に対して走査（速度 $200\text{mm}/\text{秒}$ ）させた。次いで、インキ供給装置から圧力 1.5psi でインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この結果、インキ試料1～インキ試料6までの各インキとも、線幅 $3\pm 1\mu\text{m}$ の微細なストライプ形状パターンの形成が可能であった。

【0485】また、主電極へ印加する電圧を 2kV とした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は $5\pm 1\mu\text{m}$ であり、極めて精

度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出量の制御が可能であることが確認された。

【0486】【実施例III-3】

微細パターン形成装置の製造

表面をRCA洗浄したシリコン基板（直径3インチ、厚み200 μ m、片面研磨、結晶方位<100>、線膨張係数=2.6 $\times 10^{-6}$ /K）を準備した。このシリコン基板の全面に低圧CVD法により珪素窒化物層を0.1 μ mの厚みで形成した。次いで、両面の珪素窒化物層上にスパッタリング法によりアルミニウム薄膜を0.2 μ mの厚みで形成した。

【0487】次に、一方の面のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、広幅開口（直径50 μ mの円形開口）をもつ金属パターンを形成した。さらに、上記の広幅開口を形成した面と反対側のアルミニウム薄膜上に感光性レジスト（シブレイ

（株）製Micro Posit S1818）を塗布し、所定のフォトマスクを介して露光、現像することにより、レジストパターンを形成した。その後、このレジストパターンをマスクとしてアルミニウム薄膜をアルミニウムエッチャント（混酸アルミ）でエッチングし、上記のレジストパターンを除去して、微細開口（直径20 μ mの円形開口）をもつ金属パターンを形成した。広幅開口の開口中心と微細開口の開口中心とは、シリコン基板を介して一致するようにした。

【0488】次に、上記の微細開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチングによるディープエッチングを行い、シリコン基板に深さ150 μ mの微細孔（直径20 μ m）を穿設した。

【0489】次に、上記の広幅開口を有する金属パターンをマスクとしてシリコン基板に対してICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）エッチングによるディープエッチングを行い、上記の微細孔が出現するまで約50 μ mの深さまで穿設した。これにより、直径50 μ mの円形の広幅凹部が形成され、その底部の中心に微細孔の開口が位置した。

【0490】次いで、金属パターンを硫酸過水（硫酸：過酸化水素水=1：1）により剥離除去し、シリコン基板を下記の条件で熱酸化炉内で酸化することにより、広幅凹部の壁面、および、微細孔の壁面に露出しているシリコン基板上に、厚み5000～10000Å程度の珪素酸化物層を形成した。

（熱酸化条件）

- ・加熱温度：1100℃
- ・酸素ガス供給量：1L/分
- ・加熱時間：約5時間

【0491】次に、珪素窒化物層を除去し、その後、広幅凹部が形成されていないシリコン基板の面側からICP-RIE（Inductively Coupled Plasma - Reactive Ion Etching）によるドライエッチングを行い、シリコン基板をエッチングして、貫通微細孔内壁に形成されている珪素酸化物層が長さ100 μ m露出したところでドライエッチングを停止した。

【0492】上述の工程により、シリコン基板のエッチング側に、シリコン基板の微細孔に連通した珪素酸化物からなるノズルが作製された。上述のようにノズルを形成したシリコン基板のノズル形成面側から、実施例III-1と同様にして、プラズマCVD法により補強層を形成した。

【0493】上述のようにして珪素酸化物からなる補強層を形成した後のノズルは、先端部の開口直径20 μ m、外側径30 μ m、先端部近傍の肉厚5.0 μ m、形成ピッチ120 μ mであった。次に、200 μ mピッチで同一線上に23個形成された微細孔を囲むように、シリコン基板の表面にアルミニウム箔を加工した主電極を配設した。尚、この主電極とシリコン基板の間には、絶縁のためのポリイミド層（厚み70 μ m）を設けた。

【0494】次に、フランジ部と開口部の形成加工を行ったポリエーテルエーテルケトン樹脂製の支持部材を、エポキシ系接着剤によりシリコン基板の表面側（微細孔穿設側）の周辺部に固着した。次に、支持部材の開口部に樹脂製パイプのインキ流路を接続し、この樹脂製パイプの他端をインキ供給装置（EFD（株）製1500XL）を接続した。一方、酸化インジウムスズ（ITO）を表面に備えたガラス基板（対向電極を兼ねるパターン被形成体）を配置し、かつ、接地した。このガラス基板のITO電極表面からシリコン基板のノズル先端までの距離を250 μ mとし、ガラス基板に対して平行にシリコン基板を走査可能とした。これにより、本発明の微細パターン形成装置を得た。

【0495】微細パターンの形成

実施例III-1と同様にして、6種のインキを調製した。次に、調製した各インキをインキ供給装置に充填し、直描実験を行った。

（直描実験）微細パターン形成装置の主電極に、電源（ファンクションジェネレータ、アンプ（ $\times 100$ ）、オシロスコープで構成した）から電圧（直流1kV）を印加し、シリコン基板を対向電極（ITOを備えたガラス基板）に対して走査（速度200mm/秒）させた。次いで、インキ供給装置から圧力1.5psiでインキをシリコン基板に供給し、ノズルからのインキの吐出させてストライプ形状のパターンを直描した。この

結果、インキ試料1～インキ試料6までの各インキとも、線幅 $3 \pm 1 \mu\text{m}$ の微細なストライプ形状パターンの形成が可能であった。

【0496】また、主電極へ印加する電圧を2kVとした他は、上記と同様にしてパターン形成を行った。その結果、ノズルから吐出するインキ幅はより広くなるが、対向電極（パターン被形成体）上に形成されたストライプ形状のパターンの線幅は $5 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、極めて精度の高いものであった。これにより、主電極と対向電極との間に形成される電界強度を変えることでインキ吐出幅の制御が可能であることが確認された。

【0497】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、シリコン基板裏面側の複数の微細ノズルからインキをほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができ、同時にシリコン基板の裏面へのインキ付着が防止され、また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であるため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。また、シリコン基板の表面および側面に形成された珪素窒化物層は、高い電気絶縁性をシリコン基板に付与し、さらに、微細ノズルがノズル基部を備える場合、微細ノズルの機械強度が高く、外部からの衝撃やインキ供給圧に対する耐久性が格段に向上する。また、微細孔の微細ノズルと反対側の開口部をテーパ形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルからほぼ均一の吐出幅で微量かつ高精度で吐出させることができる。本発明の微細ノズルの製造方法では、シリコン基板に貫通微細孔を形成し、この貫通微細孔の内壁面を含む露出面のみに選択的に珪素窒化物層を形成し、この珪素窒化物層とシリコン基板とのドライエッチングレート差を利用して微細ノズルを形成するので、内径精度の高い微細ノズルの形成が容易であり、また、特に、ディープエッチング時のマスク側をノズル先端として利用することにより、複数の微細ノズルの開口径がより均一なものとなる。また、詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、微細ノズルが補強層により機械的強度が高いものとされ、外部からの衝撃やインキ供給圧に対し十分な耐久性をもち、シリコン基板裏面側の複数の微細ノズルからインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能である。このため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。さらに、撥水性層をシリコン基板裏面側と補強層上に設けることにより、インキ付着防止が格段に向上する。また、微細孔の表面側の開口部をテーパ形状あるいは多段形状の凹部とする

ことにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細ノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。また、詳述したように、本発明によれば微細パターン形成装置は、インキ吐出手段として、主電極と対向電極間に形成される電界とインキ供給圧とを併用するので、インキ供給圧を低く設定してシリコン基板の微細孔からインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、インキ供給空間にインキがある場合には、インキ供給圧がなく電界だけでもインキの吐出が可能であり、また、主電極と対向電極間に形成される電界強度を変えることによりインキ吐出幅の制御が可能であるので、微細孔の開口径を小さくすることなく、かつ、インキ供給圧を高くすることなくインキを微量かつ高精度で吐出させることができ、さらに、微細孔の開口部にノズルが設けられている場合には、シリコン基板裏面へのインキの付着が防止される。また、微細孔の表面側の開口部をテーパ形状あるいは多段形状の凹部とすることにより、インキの流路抵抗が低減され、より高粘度のインキを複数の微細孔あるいはノズルから微量かつ高精度で吐出させることができる。また、インキ供給量を変えることによって吐出量を任意に設定することが可能であるため、パターン被形成体上にインキを付着させて直接描画することにより高精度のパターン形成を簡便かつ安定して行うことができる。また、本発明の微細パターン形成装置とパターン被形成体とを相対的に走査させるパターン形成方法では、ストライプ状パターンまたはドット状パターンを高い精度で形成でき、この走査方向に沿って同列上に配列された複数の微細孔からインキを吐出することにより、1つの微細孔からのインキ吐出量が少なくても、パターン形成速度を高めることができる。さらに、本発明の微細パターン形成装置をパターン被形成体の所定位置に位置合わせして設置し、一定量のインキを各微細孔から吐出するパターン形成方法では、所望のパターンを繰り返し簡便かつ高精度で形成することができ、マトリックス形状のカラーフィルタやプリント配線板の導体パターン形成等に応用可能である。また、インキ吐出幅を制御することにより種々の形状のパターン形成をより高い精度で行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

【図2】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図3】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図4】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図5】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図6】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態

を示す概略断面図である。

【図 7】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 8】図 7 に示される微細パターン形成装置の底面図である。

【図 9】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 9 (A) は概略断面図、図 9 (B) は底面図である。

【図 10】図 9 に示される微細パターン形成装置の支持部材の A-A 線矢視における横断面図である。

【図 11】図 9 に示される微細パターン形成装置の支持部材の B-B 線矢視における横断面図である。

【図 12】図 9 に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

【図 13】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

【図 14】本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の一例を示す斜視図である。

【図 15】本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の他の例を示す斜視図である。

【図 16】本発明の微細ノズルの製造方法の一実施形態を説明するための工程図である。

【図 17】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 18】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 19】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 20】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 21】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 22】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 23】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 24】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 25】本発明の微細ノズルの製造方法の他の実施形態を説明するための工程図である。

【図 26】本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

【図 27】図 26 に示される微細パターン形成装置の微細ノズルの先端近傍の部分拡大断面図である。

【図 28】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 29】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 30】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 31】図 5 に示される微細パターン形成装置の底面図である。

【図 32】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図 32 (A) は概略断面図、図 32 (B) は底面図である。

【図 33】図 32 に示される微細パターン形成装置の支持部材の A-A 線矢視における横断面図である。

【図 34】図 32 に示される微細パターン形成装置の支持部材の B-B 線矢視における横断面図である。

【図 35】図 32 に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

【図 36】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

【図 37】本発明の微細パターン形成装置の製造例を説明するための工程図である。

【図 38】本発明の微細パターン形成装置の製造例を説明するための工程図である。

【図 39】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 40】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 41】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 42】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 43】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 44】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 45】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を説明するための工程図である。

【図 46】本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の一例を示す斜視図である。

【図 47】本発明の微細パターン形成装置を用いた微細パターン形成の他の例を示す斜視図である。

【図 48】本発明の微細パターン形成装置の一実施形態を示す概略断面図である。

【図 49】シリコン基板の表面側に配設された主電極を説明するための支持部材を取り除いた状態の平面図である。

【図 50】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 51】シリコン基板の裏面側に配設された棒形状の主電極を説明するための背面図である。

【図 52】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 53】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 54】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図55】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図56】図55に示される微細パターン形成装置の底面図である。

【図57】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す図であり、図57（A）は概略断面図、図57（B）は底面図である。

【図58】図57に示される微細パターン形成装置の支持部材のA-A線矢視における横断面図である。

【図59】図57に示される微細パターン形成装置の支持部材のB-B線矢視における横断面図である。

【図60】図7に示される微細パターン形成装置のインキ流路を示す斜視図である。

【図61】本発明の微細パターン形成装置の他の実施形態を示す平面図である。

【図62】本発明の微細パターン形成装置の製造例を示す工程図である。

【図63】本発明の微細パターン形成装置の製造例を示す工程図である。

【図64】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

【図65】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

【図66】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

【図67】本発明の微細パターン形成装置の他の製造例を示す工程図である。

【図68】本発明の微細パターン形成方法の一実施形態を示す斜視図である。

【図69】本発明の微細パターン形成方法の他の実施形態を示す斜視図である。

【符号の説明】

1, 1', 1'', 11, 11', 11'', 21, 31, 41…微細パターン形成装置
2, 2', 2'', 12, 12', 12'', 22, 32, 42…シリコン基板
3, 13, 23, 33, 43…微細孔
3a, 13a, 23a, 33a…開口部
3'a, 13'a…テーパ形状の凹部
3''a, 13''a…多段形状の凹部（広幅凹部）
4, 14, 24, 34…珪素酸化物層
5, 15, 25, 35…微細ノズル
15a, 25a, 35a…ノズル基部
15b, 25b, 35b…珪素酸化物内面層
15c, 25c, 35c…珪素酸化物端面層
7, 17, 27, 37…保持部材
8, 18, 28, 38…インキ流路
9, 19, 29a, 29b, 29c, 39a, 39b, 39c…インキ供給装置
101, 111, 121, 131, 141, 151…微

細パターン形成装置

102, 112, 122, 132, 142, 152…シリコン基板
103, 113, 123, 133, 143, 153…微細孔
103a, 113a, 123a, 133a, 143a, 153a…開口部
113'a…テーパ形状の凹部
123'a…多段形状の凹部（広幅凹部）
104, 114, 124, 134, 144…珪素酸化物層
105, 115, 125, 135, 145…微細ノズル
105a, 115a, 125a, 135a, 145a…ノズル先端面
105b, 115b, 125b, 135b, 145b…ノズル外側面
105c, 115c, 125c, 135c, 145c…ノズル内側面
106, 116, 126, 136, 146…補強層
107, 117, 127, 137, 147…保持部材
108, 118, 128, 138, 148…インキ流路
109, 119, 129, 139a, 139b, 139c, 149a, 149b, 149c…インキ供給装置
201, 211, 221, 231, 241, 251, 261…微細パターン形成装置
202, 212, 222, 232, 242, 252, 262…シリコン基板
203, 213, 223, 233, 243, 253, 263…微細孔
203a, 213a, 223a, 233a, 243a, 253a…開口部
203b, 213b, 223b, 233b, 243b, 253b…開口部
223'a…テーパ形状の凹部
233'a…多段形状の凹部
204, 214, 224, 234, 244, 254…珪素酸化物層
215, 225, 235…ノズル
206, 216, 226, 236, 246a, 246b, 246c, 256a, 256b, 256c…主電極
207, 217, 227, 237, 247, 257…対向電極
208, 218, 228, 238, 248, 258…保持部材
209, 219, 229, 239, 249, 259…インキ流路
210, 220, 230, 240, 250a, 250b, 250c, 260a, 260b, 260c…インキ供給装置
P…パターン

S…パターン被形成体

【図1】

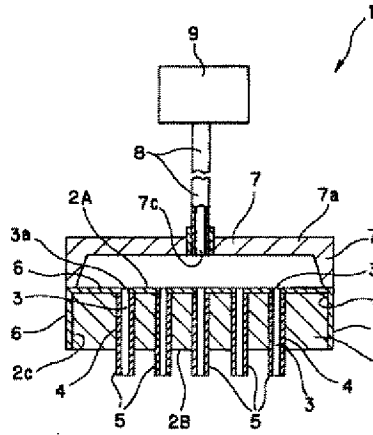


FIG.1

【図2】

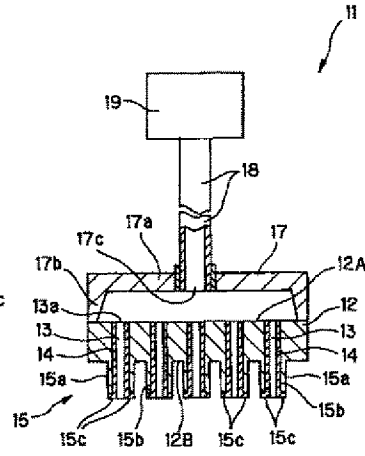


FIG.2

【図10】

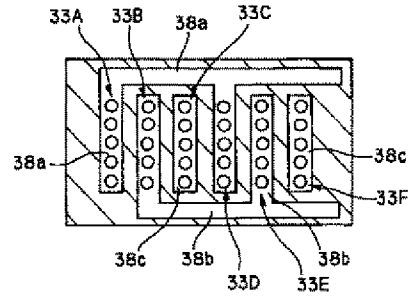


FIG.10

【図3】

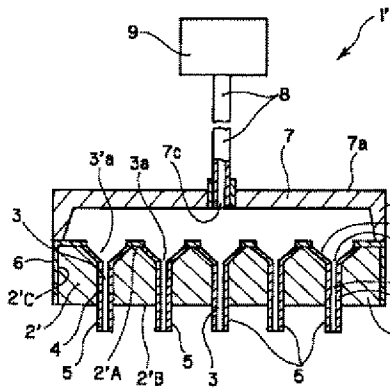


FIG.3

【図4】

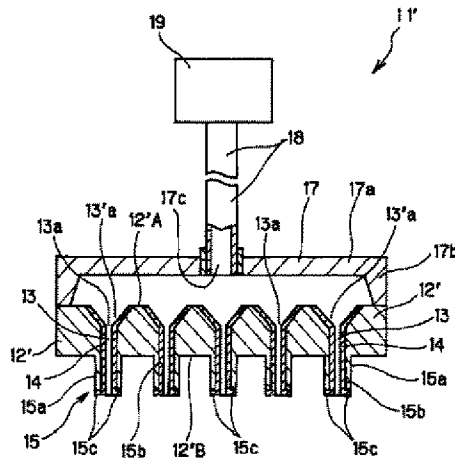


FIG.4

【図11】

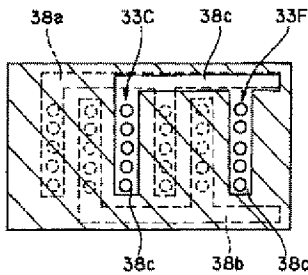


FIG.11

【図 5】

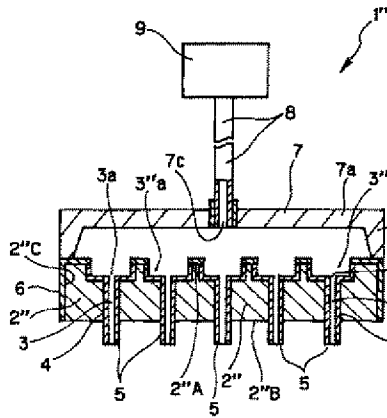


FIG.5

【図 6】

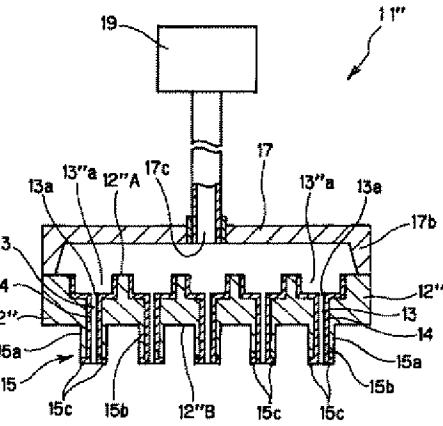


FIG.6

【図 7】

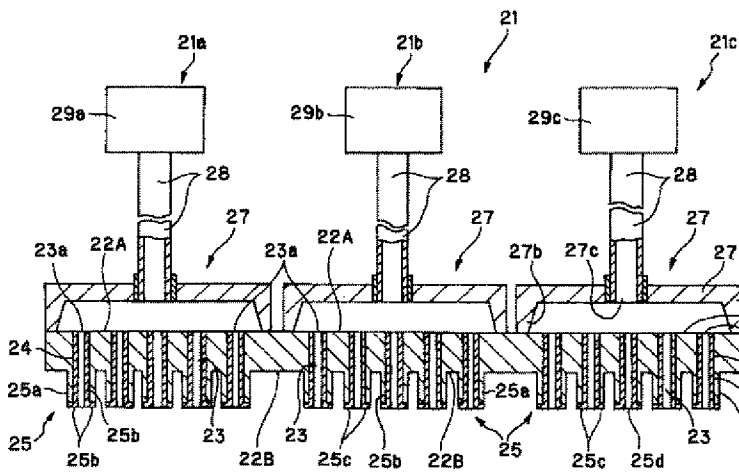


FIG.7

【図 26】

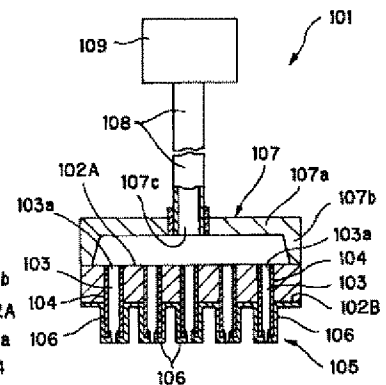
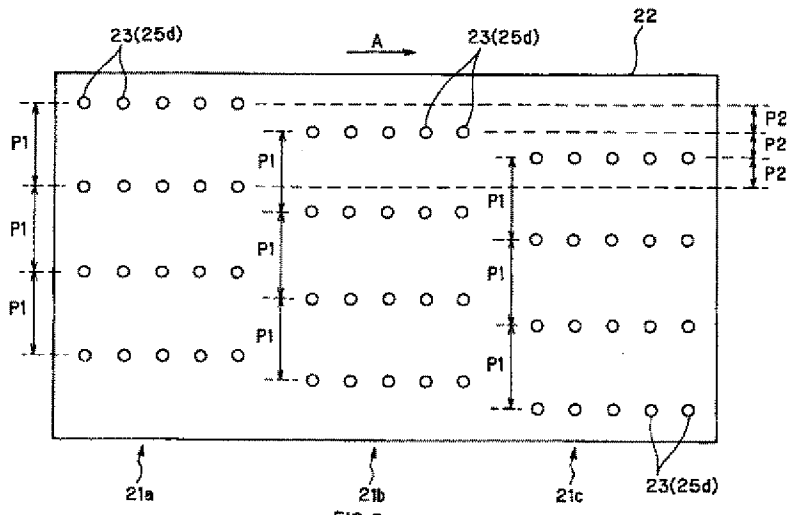
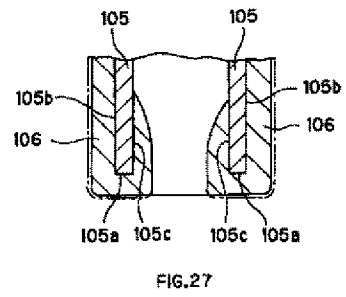


FIG.26

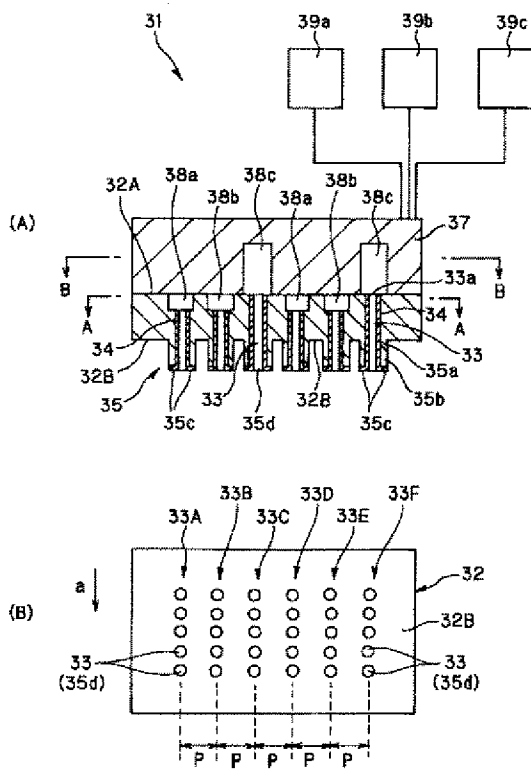
【図 8】



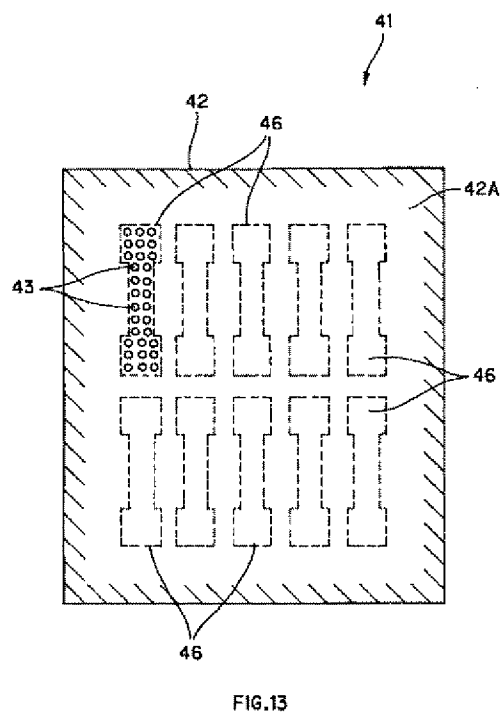
【図 27】



【図 9】



【図 13】



【図12】

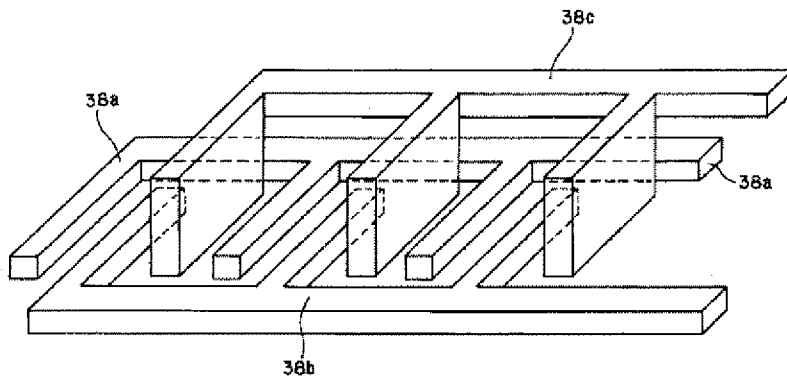


FIG.12

【図34】

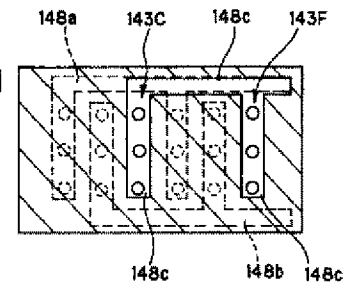


FIG.34

【図14】

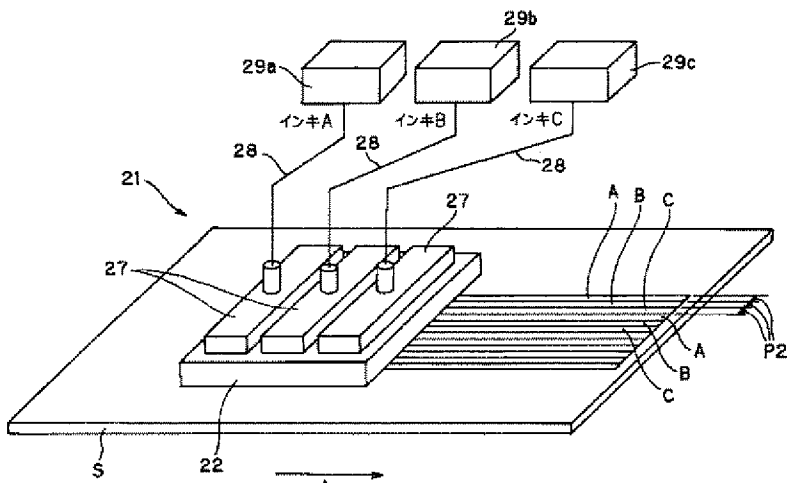


FIG.14

【図15】

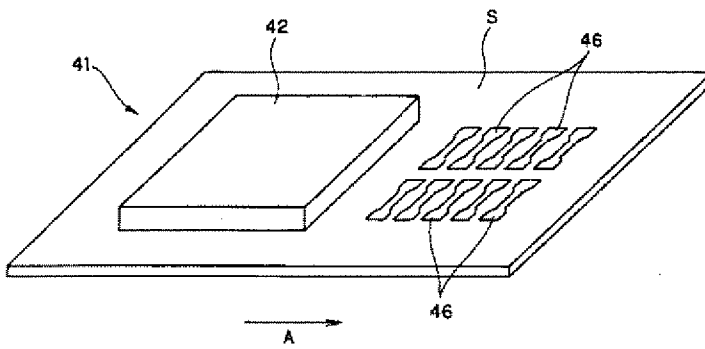


FIG.15

【図33】

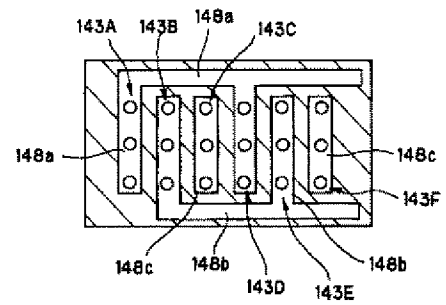


FIG.33

【図16】

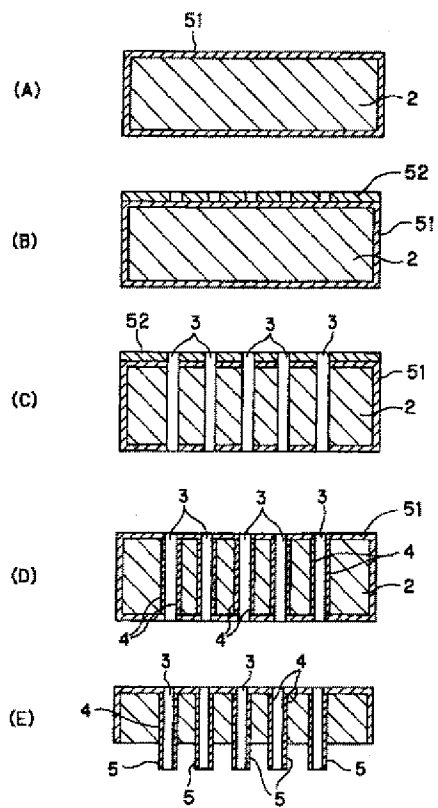


FIG.16

【図17】

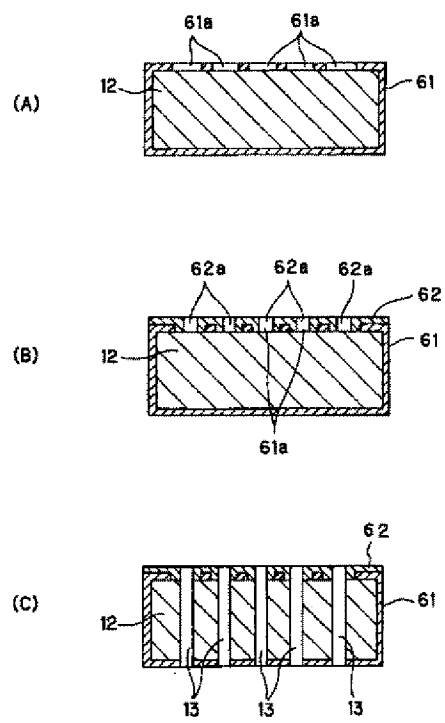


FIG.17

【図18】

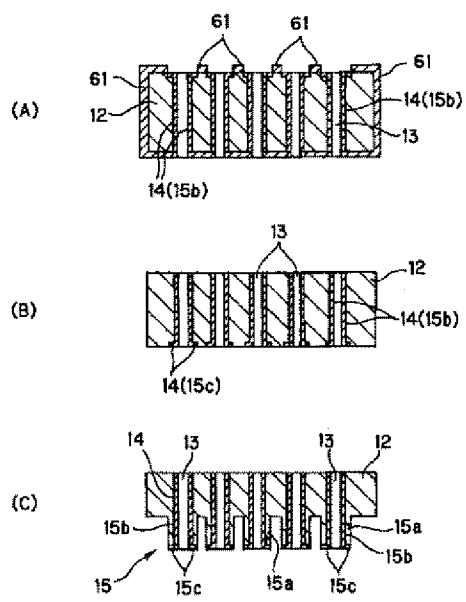


FIG.18

【図19】

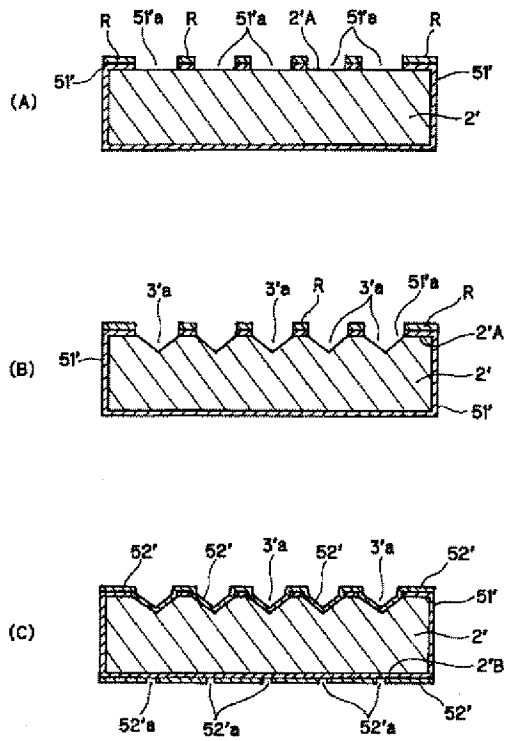


FIG.19

【図20】

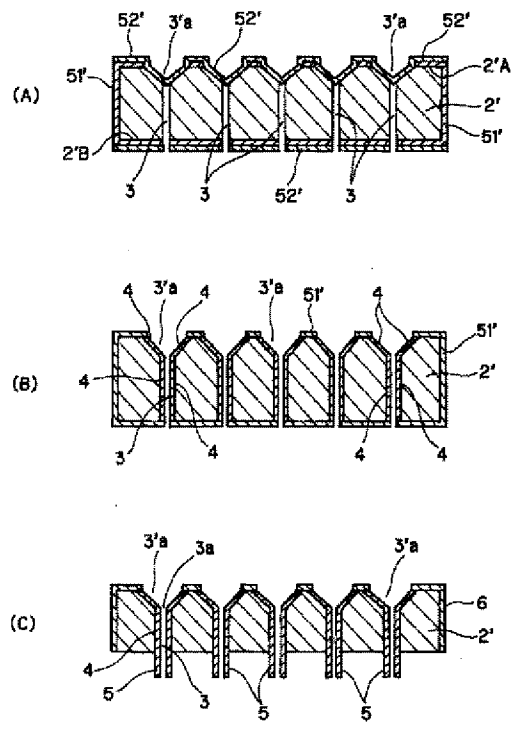


FIG.20

【図28】

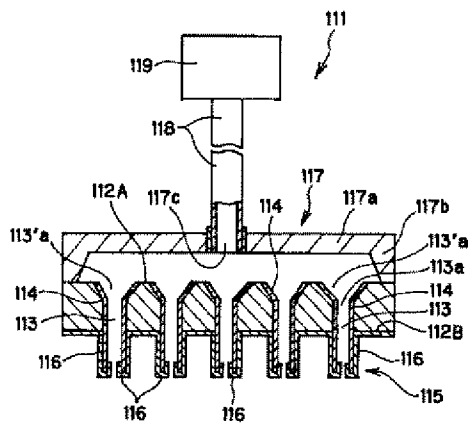


FIG.28

【図29】

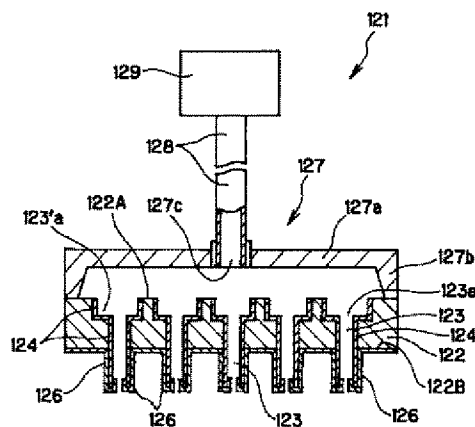


FIG.29

【図 2 1】

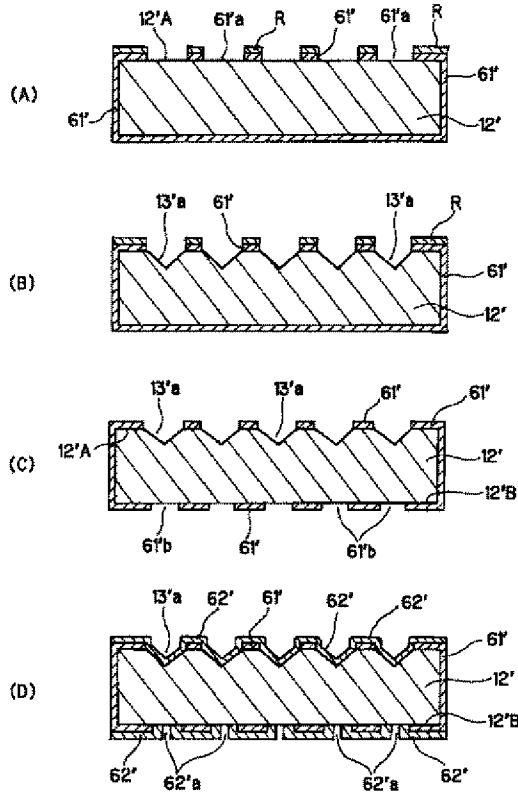


FIG.21

【図 2 2】

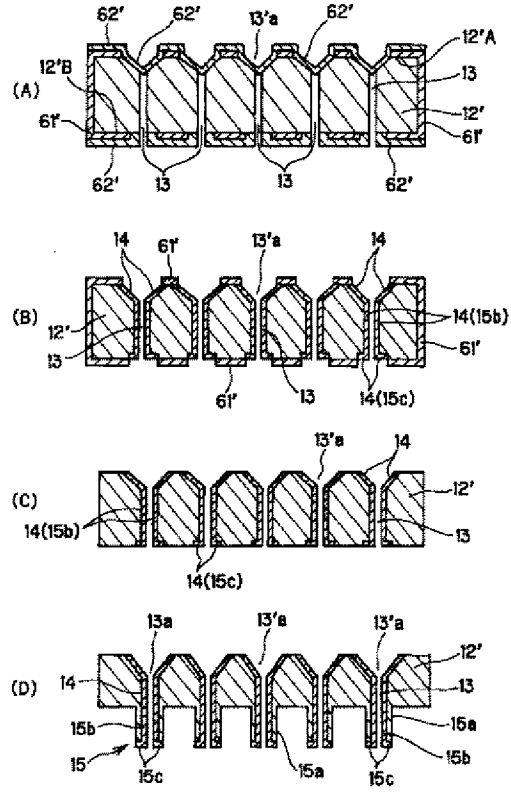


FIG.22

【図 3 0】

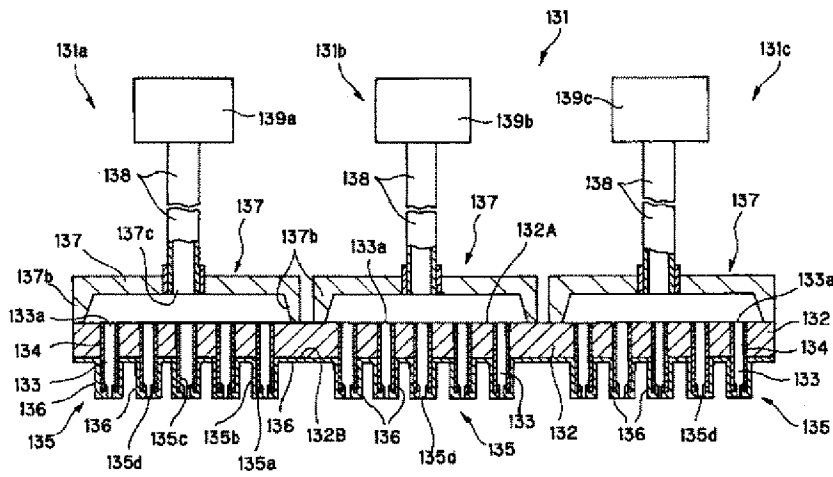


FIG.30

【図 5 9】

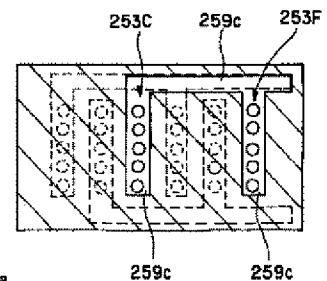


FIG.59

【図23】

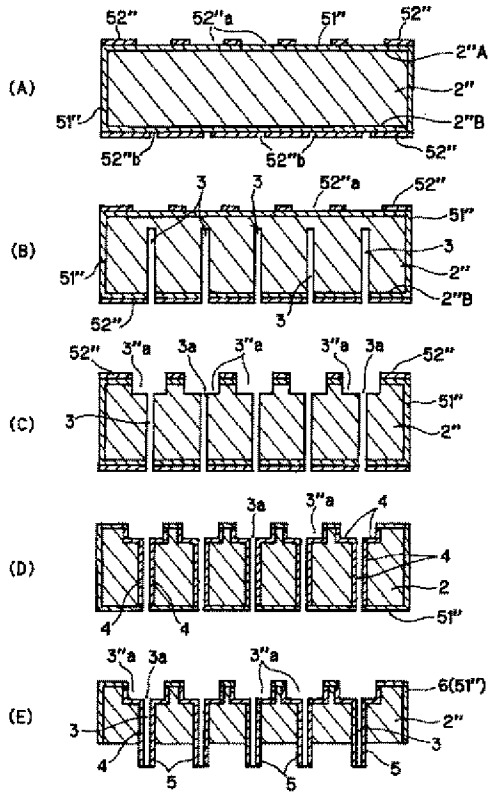


FIG.23

【図24】

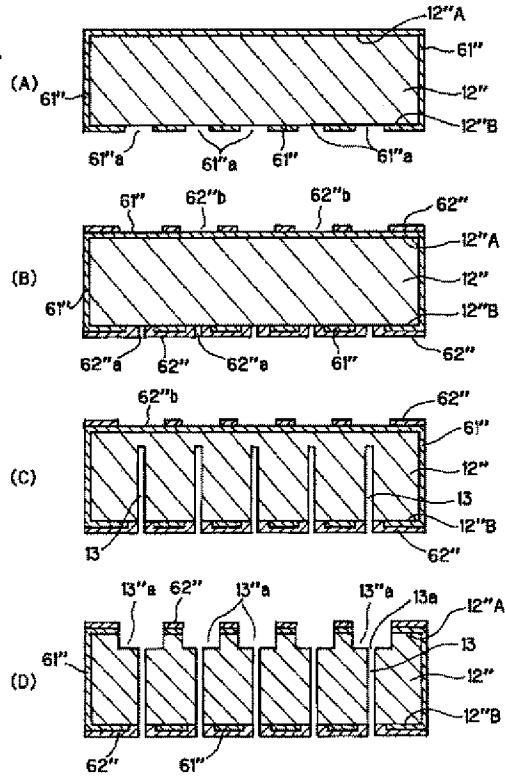


FIG.24

【図31】

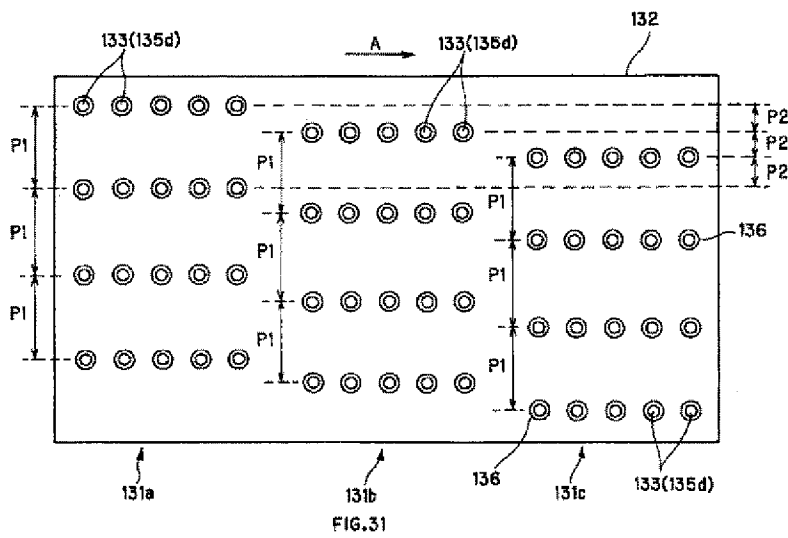


FIG.31

【図48】

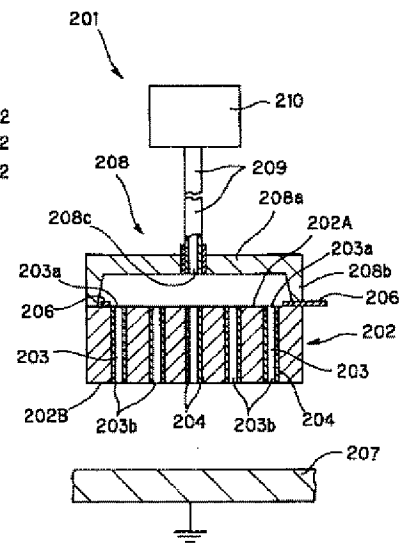


FIG.48

【図25】

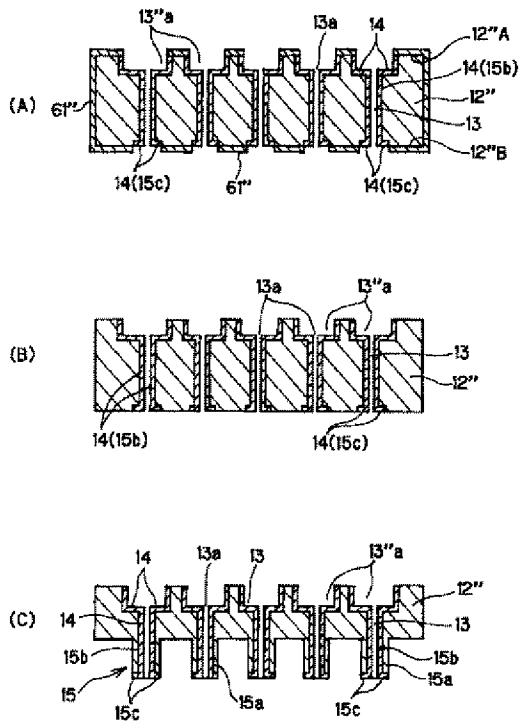


FIG.25

【図32】

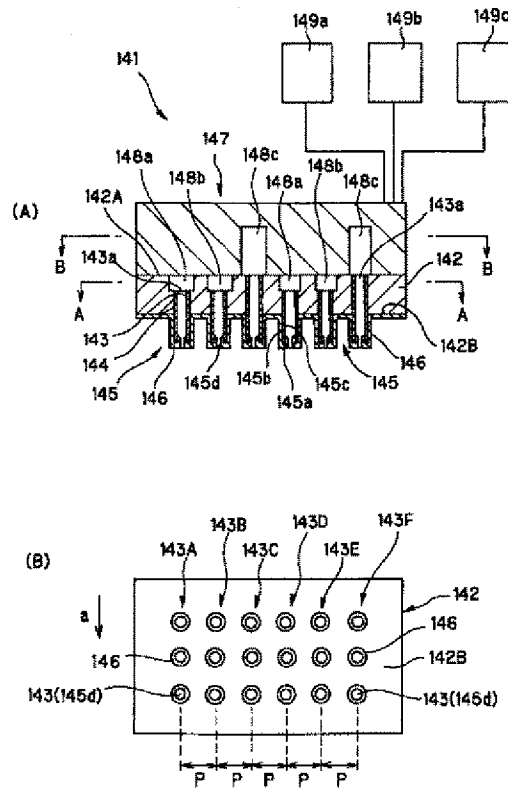


FIG.32

【図35】

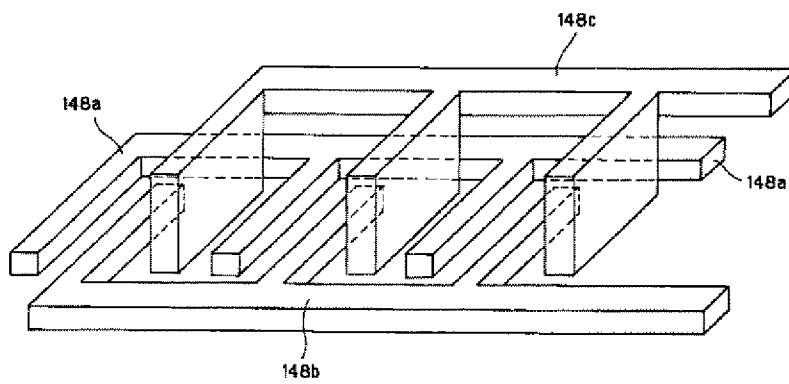


FIG.35

【図49】

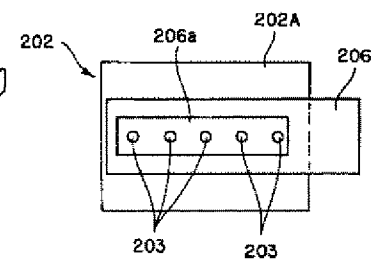


FIG.49

【図38】

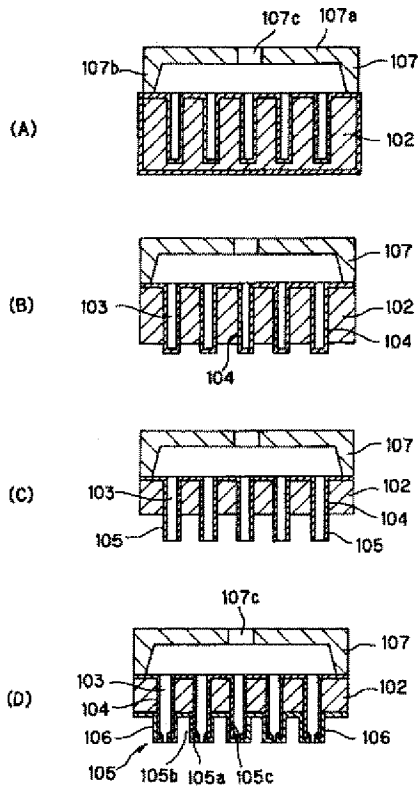


FIG.38

【図50】

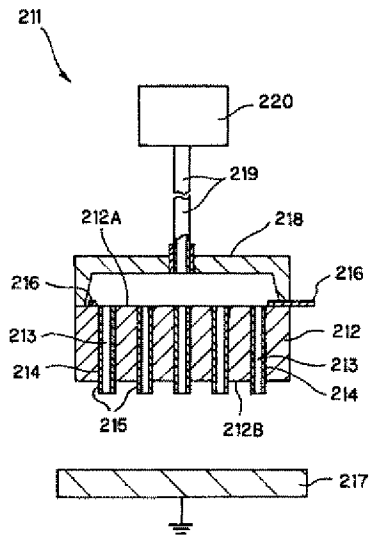


FIG.50

【図40】

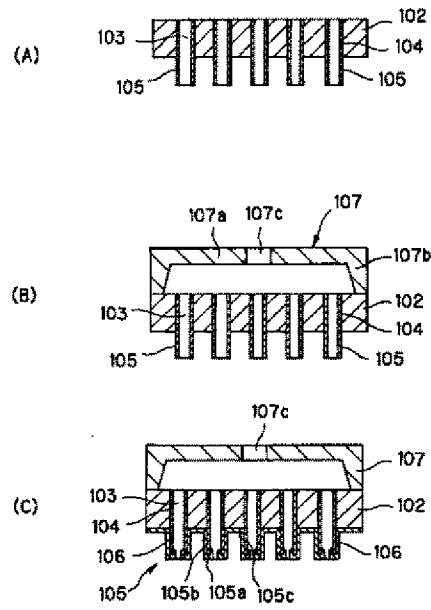


FIG.40

【図41】

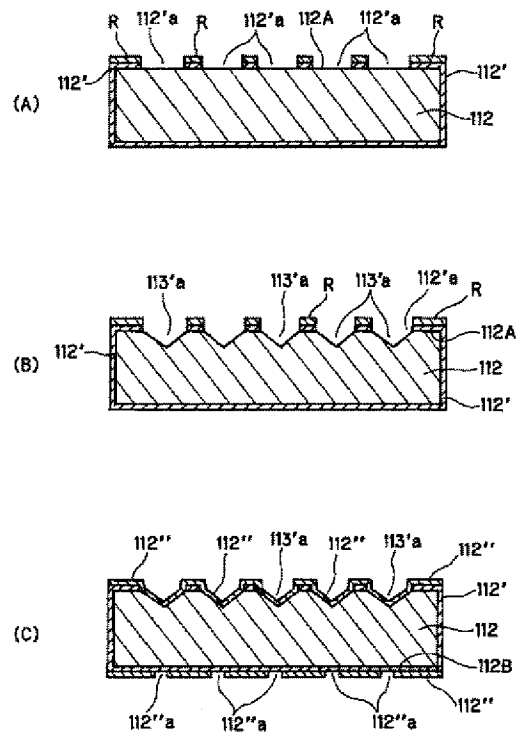


FIG.41

【図 4 2】

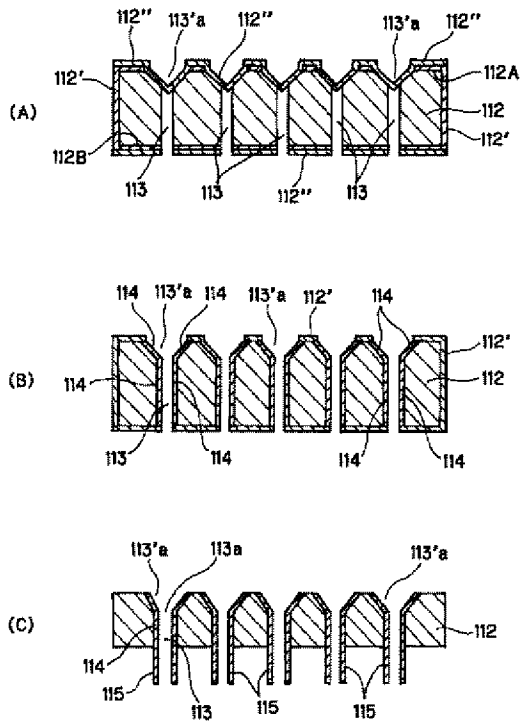


FIG.42

【図 4 3】

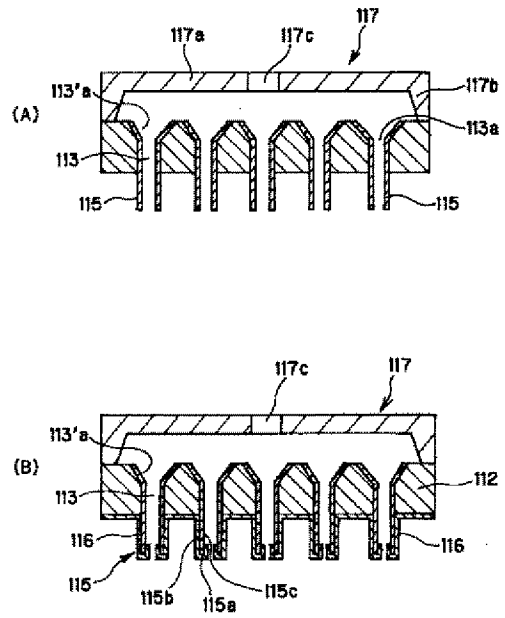


FIG.43

【図 4 5】

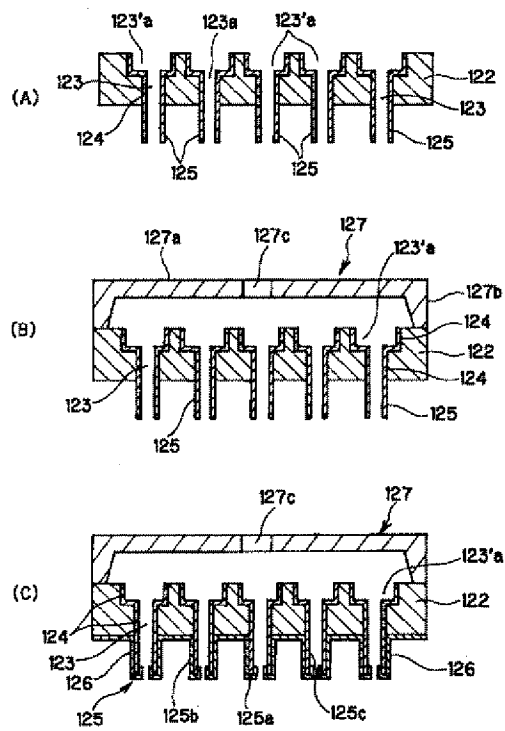


FIG.45

【図 5 1】

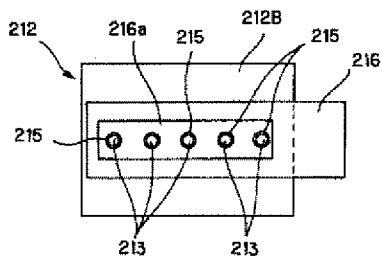


FIG.51

【図44】

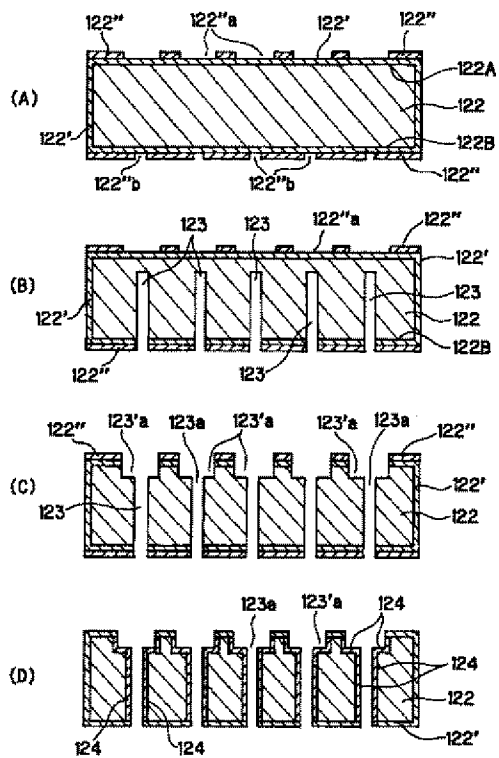


FIG. 44

【図46】

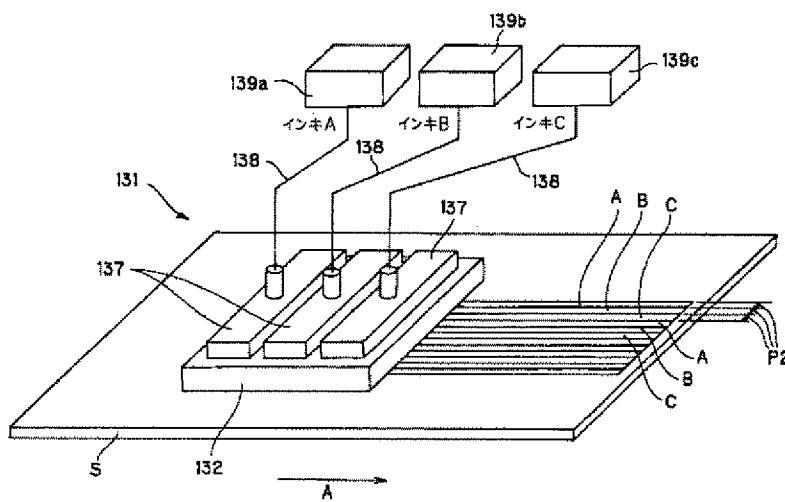


FIG. 46

【図52】

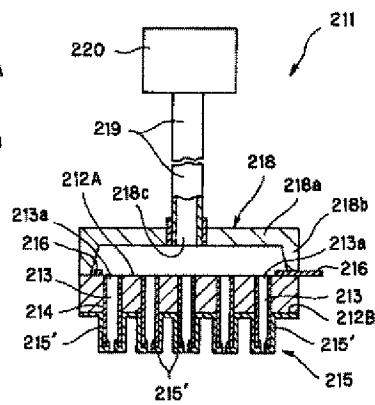


FIG. 52

【図62】

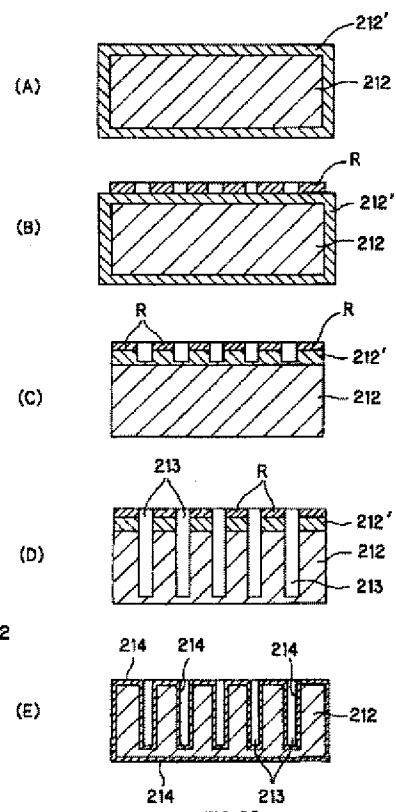


FIG. 62

【図53】

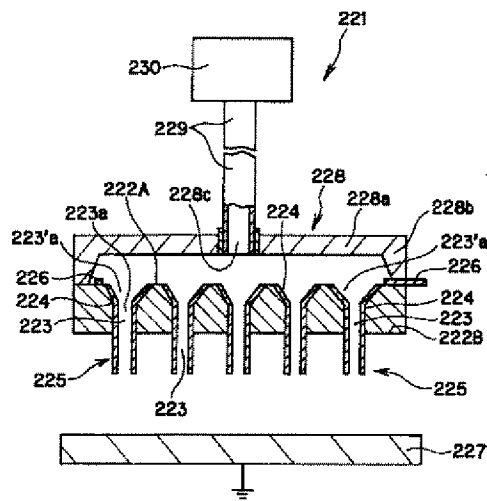


FIG.53

【図54】

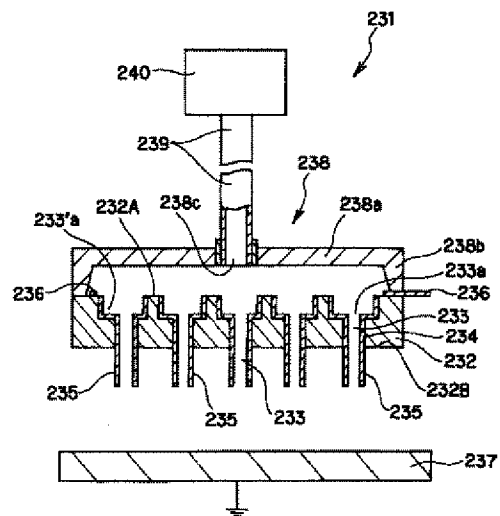


FIG.54

【図55】

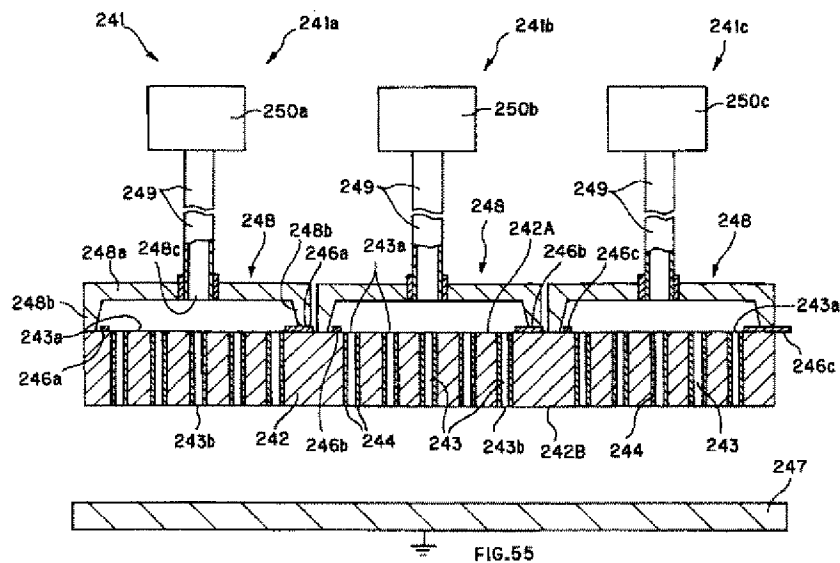


FIG.55

【図56】

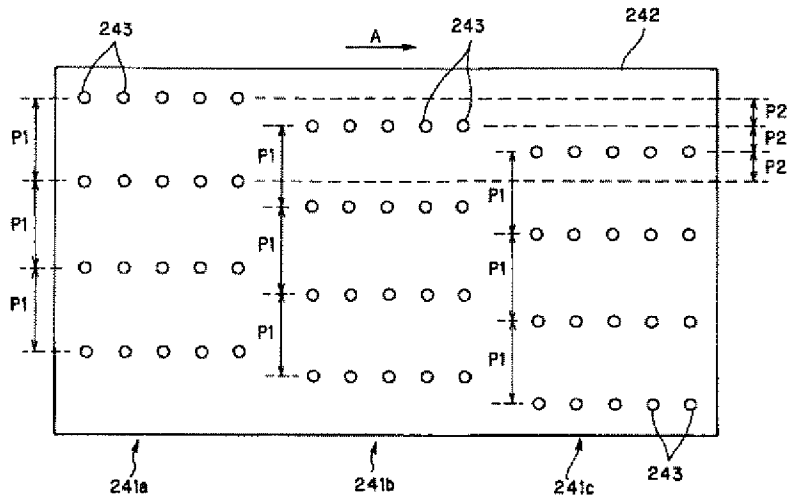


FIG.56

【図57】

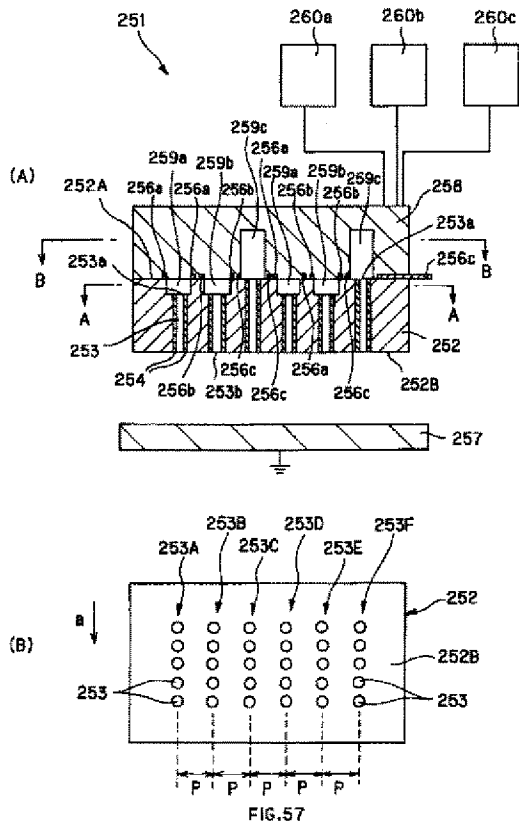


FIG.57

【図58】

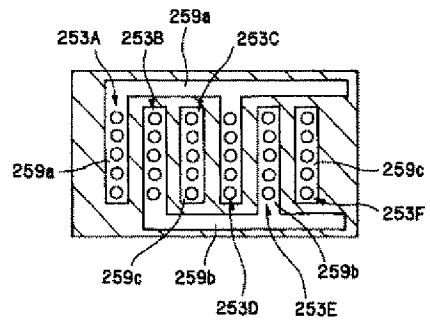


FIG.58

【図60】

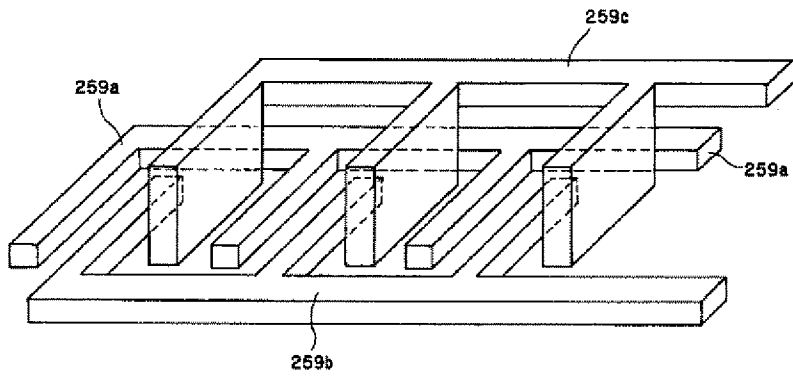


FIG.60

【図61】

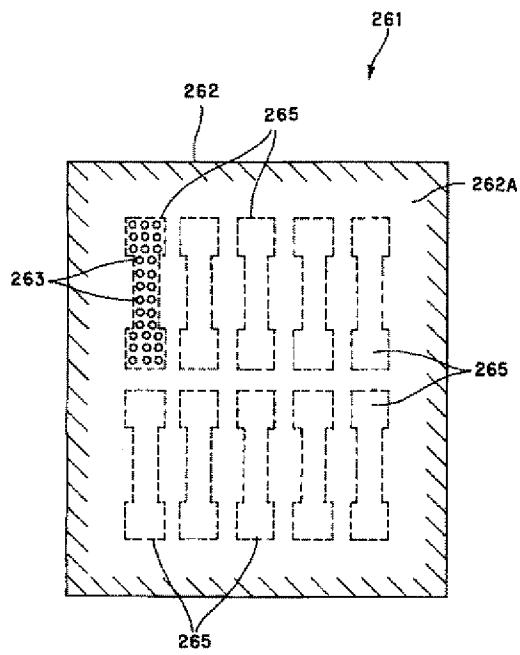


FIG.61

【図63】

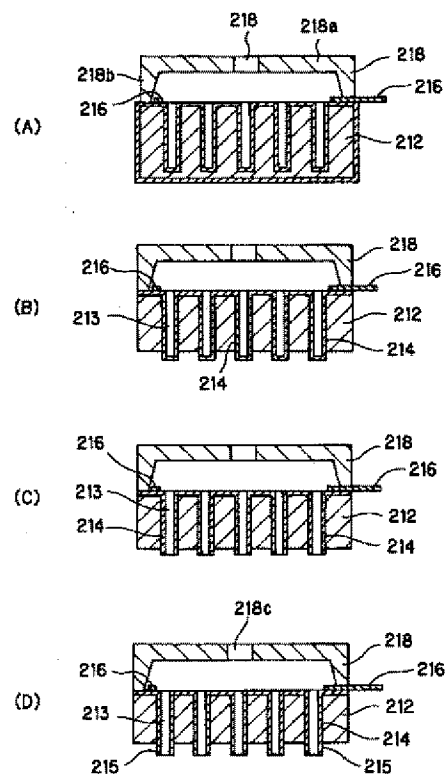


FIG.63

【図64】

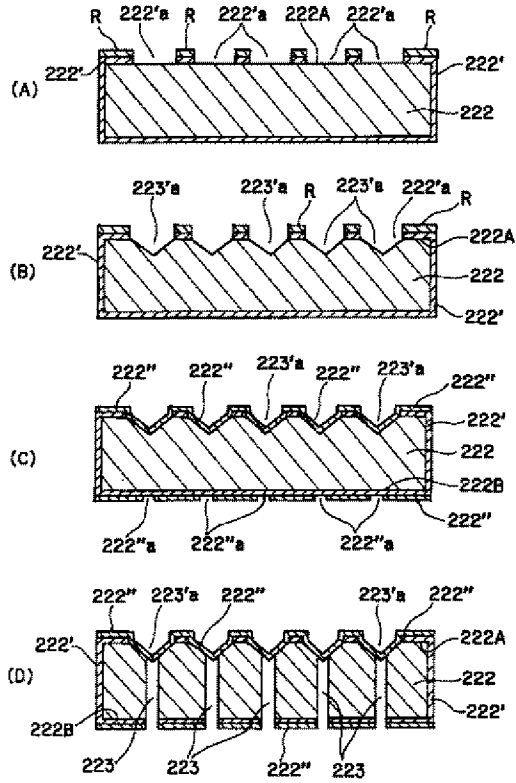


FIG.64

【図65】

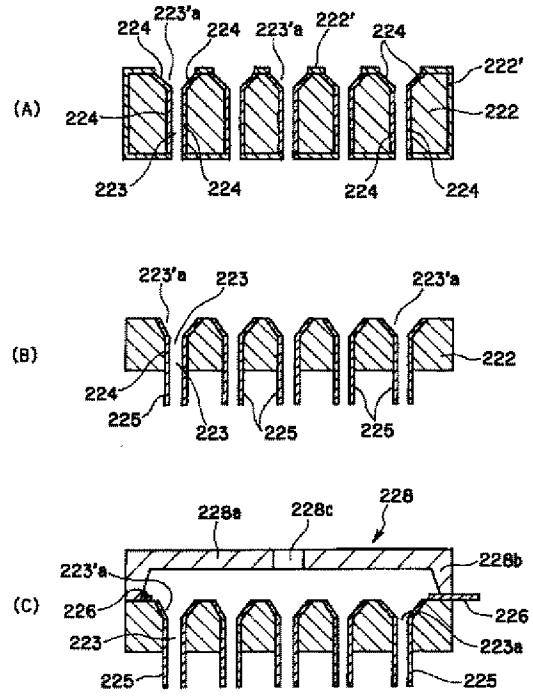


FIG.65

【図66】

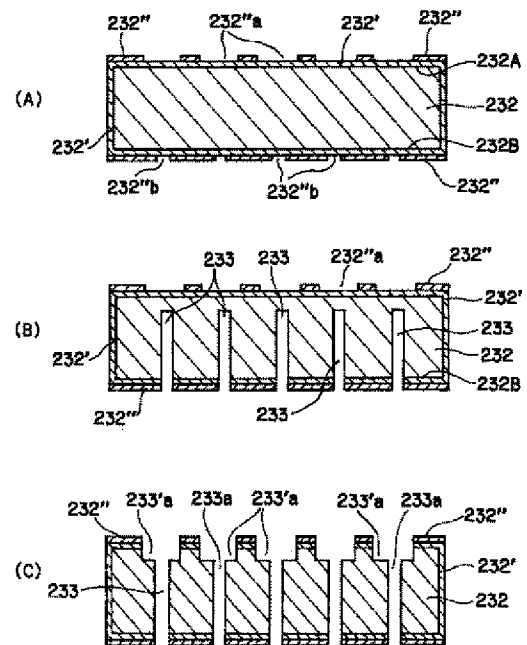


FIG.66

【図69】

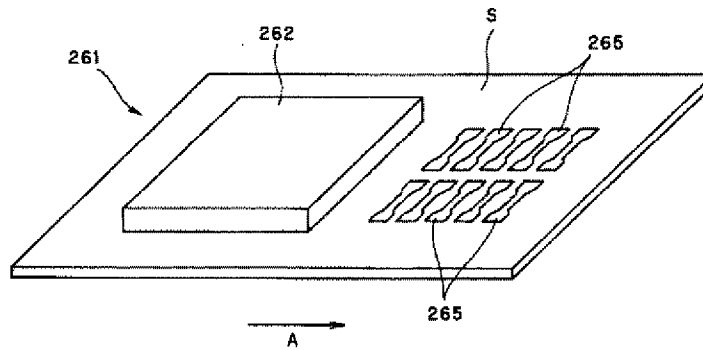


FIG.69

フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷		識別記号	F I	テームコード (参考)	
B 0 5 D	1/26		G 0 2 B	5/20	1 0 1 4 F 0 3 3
G 0 2 B	5/20	1 0 1	G 0 2 F	1/1335	5 0 5 4 F 0 3 4
G 0 2 F	1/1335	5 0 5		1/1345	4 F 0 4 1
	1/1345		B 4 1 J	3/04	1 0 3 N 5 F 0 4 6
H 0 1 L	21/027		H 0 1 L	21/30	5 6 4 Z

(72)発明者 土屋 勝則
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

F ターム (参考) 2C057 AF93 AG14 AG16 AP12 AP32
AP34 AP56 AQ02
2H048 BA47 BA64 BB02
2H091 FA02Y FC01 FC29 FD04
LA12
2H092 GA50 JB05 JB23 JB32 MA35
NA25
4D075 AA04 AA09 AA34 AA53 AA55
AA65 AC07 AC08 AC09 AC73
AC74 CA47 DA04 DA06 DB13
DB18 DB31 DC24 EA07 EA33
4F033 AA01 BA03 CA04 DA05 EA01
FA01 NA01
4F034 AA04 BA07 BB15 BB26
4F041 AA02 AA05 AB02 BA05 BA13
BA17 BA22
5F046 JA02